DIE

VERÄNDERLICHKEIT DES KLIMAS

UND

IHRE URSACHEN.

VERFASST

VON

Dr. FRANZ v. CZERNY,

A. O. PROFESSOR DER ERDKUNDE AN DER UNIVERSITÄT KRAKAU.



WIEN. PEST. LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

1881.


V
B
J
C
29481
II

DIE

VERÄNDERLICHKEIT DES KLIMAS

UND

IHRE URSACHEN.

VERFASST

VON

Dr. FRANZ v. CZERNY,

A. O. PROFESSOR DER ERDKUNDE AN DER UNIVERSITÄT KRAKAU.



WIEN. PEST. LEIPZIG.

A. HARTLEBEN'S VERLAG.

1881.


BIBLIOTHECA
VNIV.
IAGELL.
CRACOVIENSIS


blioteka Jagiellońska
1002900728

Vorwort.

Die Grundgedanken, die der Leser in dieser Schrift findet, sind bereits vor drei Jahren in einer unter gleichem Titel in der Sitzung der mathematisch-naturwissenschaftlichen Abtheilung der Akademie der Wissenschaften in Krakau in polnischer Sprache vorgelesenen Abhandlung (20. Juli 1877) niedergelegt worden. Seit der Zeit ist aber das diesbezügliche wissenschaftliche Material in mancher Hinsicht derart angewachsen, dass es dem Verfasser ebenso angemessen als nothwendig erschien, seine Arbeit einer eingehenden Prüfung zu unterwerfen und mit den neuesten Errungenschaften auf dem Gebiete der klimatisch-meteorologischen Forschungen zu ergänzen und auf diese Weise — diesmal der deutschen Lesewelt — ein möglichst erschöpfendes Gesammtbild dessen zu geben, was man wohl — aus Rücksicht auf das heutzutage rasch zunehmende allgemeine Interesse für die meteorologischen Zustände überhaupt und für die Witterungsprognose insbesondere — „klimatische Frage“ nennen darf.

Der Verfasser.

I.

Veränderlichkeit des Klimas in historischen Zeiten.

Das ungewöhnliche Interesse, welches an die Frage geknüpft wird, ob das terrestrische Klima irgend welchen Aenderungen unterworfen ist, ist für sich selbst beredt genug, als dass es nöthig wäre, es noch näher zu erörtern oder zu begründen. Die Bedeutung dieser Frage erfordert es aber, dass die Untersuchung derselben sich auf streng wissenschaftliche Zeugnisse stütze, von denen wiederum unstreitig diejenigen Daten am überzeugendsten wären, welche man aus den Beobachtungen jener Zeiten der Erdgeschichte schöpfen könnte, wo der Mensch bereits als ein aufmerksamer Beobachter der ihn umgebenden Natur und als ein fleissiger Aufschreiber ihrer Geschichte aufgetreten ist. Indessen muss man bekennen, dass die Meteorologie, selbst noch eine verhältnissmässig sehr junge Wissenschaft, heutzutage noch keineswegs über ein in dieser Beziehung hinlänglich umfangreiches Material verfügt, vor allem noch nicht im Besitze der aus längerer Reihe von Jahrhunderten herrührenden Beobachtungen und Daten ist und demnach mit um so grösseren Schwierigkeiten gerade da zu kämpfen hat, wo, wie bei gegenwärtigen Forschungen über das Erdklima, das Bedürfniss der Daten, die aus möglichst grosser Anzahl der meteorologischen Stationen und in diesen wiederum aus möglichst langen Zeitperioden geschöpft wären, immer lebendiger sich fühlbar macht.

Kein Wunder also, dass bei diesem Stande der Dinge die Physiker und die Meteorologen, gestützt auf Beobachtungen und Notizen, die kaum erst aus einem, und zwar dem letzten Jahrhundert stammen, noch beinahe bis in die letzten Jahre geneigt waren, ja hie und da noch jetzt geneigt sind, das Erdklima in historischen Zeiten für stetig und unveränderlich zu erklären. Der Amerikaner D r a p e r hat z. B. dargethan, dass im Laufe der Jahre 1817—1867 der Fluss Hudson jährlich sich auf 90—94 Tage mit Eis bedeckt, und daraus geschlossen,

dass somit in dieser Zeit die thermischen Verhältnisse der Vereinigten Staaten keineswegs irgend eine Aenderung erlitten haben. Ebenso will man sich an verschiedenen Punkten der Vereinigten Staaten Nordamerikas, sowie auch in Paris überzeugt haben, dass die jährliche Niederschlagsmenge mehr oder weniger stets dieselbe bleibt.[1]) Auch der Schweizer Dufour ist, nachdem er die alten Sagen und Ueberlieferungen von der Oelproduction in der Schweiz näherer Prüfung unterzogen, zu der Ueberzeugung gekommen, dass es keineswegs eine Nothwendigkeit sei, das gegenwärtige Fehlen der Oelbäume in der Schweiz mit der Veränderung des Klimas daselbst zu erklären, da nirgends in den älteren Berichten ausdrücklich vom Oelbaume, sondern blos vom Oel überhaupt die Rede ist, und das letztere auch aus Nüssen verfertigt werden konnte; ja, fügt er noch hinzu, auch die gegenwärtige Verspätung in der Zeit der Weinlese im Canton Waadt sei keineswegs derart, als dass man aus derselben auf irgend eine Aenderung des Klimas schliessen dürfte. Aus dem Umstande, dass im Laufe des XVII. und XVIII. Jahrhunderts in den Alpen die Gletscher sich da gebildet haben, wo derselben früher keine Erwähnung gethan wurde, würde der Schluss, das Alpenklima hätte sich geändert, ebenfalls voreilig sein, da es andererseits ganz sicher ist, dass wiederum andere Alpengletscher einem systematischen Rückzuge unterworfen sind. Auf gleiche Weise kann auch die Erscheinung, dass die obere Waldgrenze in den Alpen bereits eine bedeutende, circa 100 Meter betragende Depression erlitten, zum Theil eine Folge, sei es der Ausrodung der Wälder durch die Alpenbewohner selbst, sei es aber der Beschädigung derselben durch die weidenden Heerden, sein. Uebrigens sollen auch die vorgenommenen Berechnungen der mittleren Jahrestemperatur in Basel, in Berlin, in einigen Orten der Vereinigten Staaten Nordamerikas keine untrüglichen Aenderungen der Temperatur daselbst entdeckt haben. In um so grösseres Staunen hat denn nun Glaisher, der bekannte Director der meteorologischen Section auf dem Observatorium Greenwich, die Meteorologen dadurch versetzt, dass er aus betreffenden Beobachtungen seit dem Jahre 1770 bis 1860 in Greenwich eine Zunahme der mittleren

[1]) s. J. Hann, „Bericht über die Fortschritte der geographischen Meteorologie" in Behm's „Geograph. Jahrb." Bd. VI (1876), S. 10—11.

Jahrestemperatur von $8._7{}^0$ C. auf $9._4{}^0$ C. festgestellt hatte. Indessen ist es eine, keinem Zweifel unterliegende Thatsache, die unter anderen auch in Karlsruhe constatirt wurde, dass die Lufttemperatur im Bereich der Stadtmauern etwas höher als diejenige ausserhalb derselben ist, so dass ein und dasselbe Observatorium, früher ausserhalb der Stadtmauern gelegen, nachdem es mit der Zeit in Folge des Heranwachsens der Stadt in den Bereich ihrer Mauern gerathen, eine von der früher beobachteten höhere Lufttemperatur aufweisen muss.

Bei alledem verfügen alle derartigen Untersuchungen und Berechnungen, wie man dies leicht aus dem oben Gesagten ersehen kann, über einen allzu geringen Vorrath der Erfahrungen, als dass sie zu anderen Ergebnissen, als diejenigen, zu denen sie gekommen, führen könnten. Um so geringer noch wird ihre Bedeutung, wenn man erwägt, dass sie durch eine ganze Reihe anderer Beobachtungen ausdrücklich widerlegt werden. Zwar hat auch Arago, nachdem er festgestellt hatte, dass die Nord- und Südgrenze der Verbreitung der Dattelpalme und der Weinrebe in Palästina seit 30 Jahrhunderten bis heutzutage unverändert geblieben, daraus gefolgert, dass das Klima von Palästina im besonderen, der ganzen Erde aber im allgemeinen keine Aenderung in historischen Zeiten erlitten haben könne. Und in der That ist es keineswegs unmöglich, dass die mittlere Jahrestemperatur in Palästina dieselbe geblieben, wie sie noch zu Zeiten der hebräischen Könige gewesen war. Andererseits jedoch ist es ebenso sicher, dass das Klima von Palästina sich dennoch verändert haben muss, da dort vor 3000 oder 4000 Jahren noch bedeutende, von Bären bewohnte Waldungen, sowie auch fruchtbare Felder und von zahlreichen Heerden belebte Wiesen vorhanden waren, während heutzutage dasselbe ehemals „von Milch und Honig fliessende“ Land nicht einmal so viel atmosphärische Niederschläge aufzuweisen hat, als dass sich auf seinem sterilen Boden eine noch so dünne Humusdecke zu bilden im Stande wäre. In nicht viel besseren Bedingungen befindet sich gegenwärtig Aegypten. Die Ruinen der daselbst ehemals blühenden Städte sind gegenwärtig mit Sand überschüttet, während der Flächenraum des früher bebauten Bodens sich ansehnlich zu Gunsten der das Nilthal immer mehr angreifenden Wüste verminderte, so dass das den alten

Aegyptern noch unbekannte Kameel im Reiche der heutigen Vicekönige schon geradezu unentbehrlich geworden ist. Aber auch in anderen Ländern fehlen keineswegs Spuren und Zeugnisse der bereits in historischen Zeiten eingetretenen, bedeutenden klimatischen Modificationen. Unter anderen ersieht man dies vor allem daraus, dass gewisse Pflanzen, von deren Bebauung in diesen Ländern ausdrücklich alte Chroniken erwähnen, daselbst nicht mehr zur Reife gelangen, wie z. B. die Weinrebe an der Bucht von Bristol, in Flandern, in der Bretagne etc., oder sich etwas gegen Süden zurückgezogen haben — so soll sich z. B. der Oelbaum in der Umgebung der Stadt Carcassone seit den letzten hundert Jahren um 15—16 Kilometer gegen Süden zurückgezogen haben, — oder aber, dass gewisse Pflanzen schon gänzlich verschwunden sind, wie das Zuckerrohr in der Provence, die rothe Tanne in Irland, ganze Birkenwälder auf Island, auf den Shettland-Inseln und in Lappland, in welchem letzteren Lande ihre nackten Skelete noch hie und da zu sehen sind. In Sibirien hat wiederum bereits Middendorf die Beobachtung gemacht, dass im Jenissejthale grössere Bäume immer mehr gegen Süden im Rückzuge begriffen sind. Auch in Ungarn hat man festgestellt, dass einige Steppenpflanzen ausdrücklich gegen Westen allmälich vorrücken, was ein Beweis wäre, dass in derselben Richtung auch das Steppenklima vordringt. Ebenso häufen sich im mittleren Europa immer mehr die Zeugnisse an, die zu keinem anderen Schlusse führen, als dass die Winterfröste gegenwärtig etwas früher, nämlich im December, eintreten, während der Januar gerade wärmer als vor hundert Jahren geworden. Für diese Veränderungen der thermischen Verhältnisse einzelner Jahreszeiten in Europa könnte übrigens auch in dem Umstande ein Beweis geliefert werden, dass in den meisten nordslavischen Sprachen der Monat November „Laubfäller“ heisst, wohl aus keinem anderen Grunde, als dass einst der Laubfall wirklich gerade erst im Monate November eintreten musste, während gegenwärtig derselbe, wie bekannt, im Mitteleuropa bereits Ende September beginnt und im Laufe October wohl schon zu Ende ist.[1]) Auf der Ost-

[1]) Merkwürdig genug, dass dagegen im Croatischen und Dalmatinischen der Monat October ein „Laubfäller“ genannt wird. Vgl. darüber Linde's „Wörterbuch“.

küste von Südgrönland blühte noch zu Anfang des XV. Jahrhunderts (1406 J.) eine aus 190 Dörfern bestehende Colonie, die jedoch mit der Zeit, seitdem nämlich die Gletscher die ganze genannte Küste in Angriff genommen, immer mehr von ihren Bewohnern verlassen werden musste. [1]) Was noch wichtiger ist, dass zu unseren Zeiten in verschiedenen Gegenden der polaren Welt, insbesondere aber in der Bucht Komenok (in Grönland) versteinerte Ueberbleibsel der Palmen und anderer Bäume aufgefunden wurden, was geradezu beweist, dass die dortige Flora ehemals, bevor noch das Klima kälter geworden, sogar eine reiche und üppige gewesen sein muss. Diese Erkaltung des Klimas rückt selbst noch gegenwärtig immerfort gegen Süden vor, und dies ersieht man daraus, dass an der Ostküste von Grönland gegenwärtig sich immer grössere Eismassen sammeln und dass wiederum in Folge dessen auch das Klima von Skandinavien leidet, noch mehr aber dasjenige von Island, wo das Getreide gegenwärtig nicht mehr reift und die Einwohner sich aus diesem Grunde immer mehr gezwungen sehen, nach Amerika auszuwandern. [2]) Von gewissen klimatischen Veränderungen weiss auch der letzterwähnte Welttheil Manches zu erzählen, und zwar, dass z. B. zu beiden Seiten der Felsengebirge in letzten Jahren die Feuchtigkeit offenbar zunimmt und die Vegetation frischer und verbreiteter wird, während im nördlichen Texas wiederum die Winter entschieden strenger geworden, das Eis, früher eine Seltenheit, jeden Winter zum Vorschein kommt, dafür aber von der früheren Angst der Farmer vor einer Dürre nicht mehr die Rede ist. [3])

Die Reihe der soeben angeführten Beispiele können wir freilich keineswegs eine zahlreiche nennen, und zweifelsohne würde nur allzu schwach die Grundlage sein, die irgend einer in diesen Beispielen würde aufsuchen wollen, um, auf dieselben

---

[1]) Die meisten der angeführten Beispiele und Daten sind den Werken: Studer's „Lehrbuch der physikalischen Geographie und Geologie“ (Bern, Chur u. Leipzig 1847) II. Theil, S. 305—308, El. Reclus „*La Terre*“ (3. édition) II, S. 493—497 und Müller's „Kosmische Physik“ (4. Auflage) S. 510—513 entnommen.

[2]) s. „*The Nature*“ Vol. 16. S. 467.

[3]) cf. Fritz, „Die Veränderlichkeit der Wassermengen der Gewässer des Festlandes“ in Petermann's „Mittheilungen“ (1880), S. 251.

gestützt, gewisse untrügliche Gesetze der Veränderlichkeit des Klimas aufzustellen. Wenn wir aber trotz alledem derartigen Zeugnissen auch jeden Werth absprechen würden, ja sogar in dieser Hinsicht aller Observationsdaten beraubt wären, so würden wir uns dennoch hinlänglich berechtigt sehen, nicht nur die Veränderlichkeit des Klimas als Grundsatz anzunehmen, sondern auch dieselbe zu erklären, einfach durch die Darlegung ihrer Ursachen.

Es genügt uns nämlich, die Frage zu beantworten, ob die Bedingungen des Erdklimas unveränderlich bleiben, und wir finden zugleich auch die Antwort, ob auch das Klima selbst, d. h. die Summe der jährlichen Mittelwerthe aller meteorologischen Erscheinungen in einzelnen Erdgegenden immer und überall eine und dieselbe ist. Wir unterscheiden aber zweierlei Bedingungen des Klimas: die einen kosmischer, die anderen localer, rein tellurischer Natur. Wir wollen also dieselben näher untersuchen.

A. Veränderlichkeit der kosmischen Bedingungen des irdischen Klimas.

Es ist eine wohl bekannte Thatsache, dass der Urgrund von allerart Veränderungen des Witterungsstandes, also des Luftdruckes, der Winde, der Niederschläge etc., die ungleiche Vertheilung der Wärme auf der Erde ist, da im entgegengesetzten Falle, besässe die Erd-Atmosphäre überall eine und dieselbe Temperatur, in derselben nothwendigerweise eine Todtenstille und Monotonie gesammter Erscheinungen zur Herrschaft gelangen müssten. Es ist also daraus leicht ersichtlich, dass es für das Erdklima keineswegs gleichgültig sein kann, welche Stellung die Erde im Weltraum, und zwar im Verhältniss zur Sonne einnimmt. Nun aber lehrt uns die Astronomie, dass keine der kosmischen Bedingungen, in denen sich die Erde der Sonne gegenüber befindet, stetig ist; im Gegentheil unterliegt jede derselben beständigen, periodischen Veränderungen.

Vor allem und jedem ist die Bahn, auf der sich die Erde während ihres jährlichen Umlaufs um die Sonne im Weltraum bewegt, keineswegs eine Ellipse von immer einer und derselben

Excentricität. In Folge nämlich des Einflusses der übrigen Planeten des Sonnensystems auf die Erde wächst bald, bald vermindert sich diese Excentricität, und zwar kehrt sie stets nach etwa 50.000 Jahren zu ihrem Maximum zurück. Gegenwärtig ist sie in der Abnahme begriffen, d. h. die elliptische Gestalt der Erdbahn nähert sich immermehr der Kreisform, wiewohl das nächste Minimum erst nach ungefähr 18.000 Jahren, von heutigen Zeiten an gerechnet, eintreten wird. Ebenfalls wird in längeren Zeiträumen bald grösser, bald geringer die heutzutage circa 67^0 betragende Neigung der Erdachse zur Erdbahnfläche, wiewohl die ganze Oscillation zwischen dem Maximum und Minimum dieser Neigung nicht mehr als 6 Grade zu betragen scheint. Gegenwärtig vermindert sich gerade diese Neigung, und zwar um den Winkel von 0·47'' jährlich oder um den Winkel von 47'' in einem Jahrhundert. Auch die sogenannte Absidenlinie oder grosse Achse der Erdbahn verändert beständig ihre Lage, namentlich bewegt sie sich fortwährend rechtläufig, d. h. in der Richtung von Westen gegen Osten, und zwar jährlich einen Weg von 11·3 Bogensecunden zurücklegend. Schliesslich sind auch die Nachtgleichenpunkte oder Frühlings- und Herbstpunkte, d. h. die Durchschnittspunkte des Welt-Aequators, mit der Ekliptik keine festen, sondern bewegen sich rückläufig, d. h. von Osten gegen Westen um 50·2 Bogensecunden jährlich, so dass sie im Verlauf von 25.800 Jahren ihren ganzen Kreislauf vollenden. Dadurch erklärt es sich auch, warum z. B. der Frühlingspunkt, der noch vor etwa 2300 Jahren in der Constellation des Widders gelegen war, gegenwärtig bereits in der Nähe des Sternbildes der Fische sich befindet. Da nun aber, wie gesagt wurde, die Absidenlinie jährlich um den Winkel von 11·3'' von Westen gegen Osten vorrückt und die Aequinoctialpunkte in derselben Zeit sich gerade in entgegengesetzter Richtung um den Winkel von 50·2'' bewegen, so ergiebt sich daraus, dass der eine Endpunkt der Absidenlinie, d. h. das Perihelium, sich — wie gerade gegenwärtig — um den Winkel 61·5'' jährlich dem Frühlingspunkte, wogegen der andere Endpunkt der Absidenlinie, nämlich das Aphelium, sich wiederum um denselben Winkel dem Herbstpunkte nähert, so dass die Periode eines ganzen Umlaufs der Absidenlinie und der Aequinoctialpunkte zusammen etwa 21.000 Jahre beträgt.

Ohne in die Erläuterung dieser äusserst interessanten kosmischen Vorgänge einzugehen — da dies nicht ein Gegenstand der vorliegenden Schrift ist — sondern lediglich die gerade charakteristischeste und ihnen allen gemeinschaftliche Eigenthümlichkeit, d. h. ihre periodische Veränderlichkeit näher in's Auge fassend, kommen wir ohne Schwierigkeit zu der Folgerung, dass, wenn diese Vorgänge auf irgend eine Art das Erdklima bedingen, auch ihre periodischen Veränderungen nicht umhin können, entsprechende periodische Veränderungen im Klima unseres Planeten hervorzurufen. Freilich belehrt uns über die Untrüglichkeit einer ähnlichen Schlussfolgerung keineswegs die Erfahrung, da unsere Beobachtungen beiweitem noch nicht über solche ungeheuere Zeiträume verfügen. Immerhin aber wird unsere Ueberzeugung, dass es wirklich so und nicht anders sein kann, durch theoretische Berechnungen zur Genüge gestärkt, die da darthun, dass die Zu- oder Abnahme der Neigung der Erdachse zur Ekliptik keineswegs ohne irgend einen noch so geringen Einfluss auf die Vertheilung der Jahreszeiten in einzelnen Klimazonen, zumal in der gemässigten und der kalten, und auf ihre durchschnittliche Jahrestemperatur vor sich gehen können, dass auf dieselbe Weise die bald grössere, bald geringere Excentricität der Erdbahn auf die Zu- oder Abnahme der mittleren Jahrestemperatur in einzelnen Erdgegenden ihren Einfluss ausüben muss, dass vor allem aber nebst der Veränderlichkeit der Excentricitätsgrösse noch auch der Umstand die Vertheilung des Klimas auf der Erde beeinflussen muss, dass die Aequinoctialpunkte ihre Lage im Weltraum fortwährend ändern, wodurch sie bald mit den Punkten des Periheliums und Apheliums zusammenfallen, bald wiederum sich von den letzteren um den Winkel von 90° entfernen können. Insbesondere kann der letzterwähnte Umstand für die Wärmevertheilung auf jeder der beiden Endhalbkugeln, der nördlichen und der südlichen, nicht gleichgültig sein. Wenn nämlich gegenwärtig die kältere Jahreshälfte auf unserer Halbkugel während des Periheliums, d. h. in eine Zeit fällt, wann die Erde rascher um die Sonne sich bewegt und nebenbei die kleinere Hälfte ihrer Bahn zurücklegt, die wärmere Jahreshälfte auf unserer Halbkugel aber während des Apheliums, d. h. zu einer Zeit eintritt, wann die Erde sich langsamer bewegt und über-

dies die grössere Hälfte ihrer Umlaufsbahn zurücklegt, so dass in Folge dessen unser Frühling und unser Sommer zusammen 186 Tage und 12 Stunden, unser Herbst und Winter aber blos 178 Tage und 18 Stunden dauern, so werden sich nach ungefähr 10.500 Jahren, d. h. nachdem der Frühlingspunkt im Weltraum die Lage des heutigen Herbstpunktes und der letztere diejenige des ersteren werden eingenommen haben, die klimatischen Bedingungen unserer Halbkugel insoweit ändern müssen, dass gerade die wärmere Jahreshälfte blos 178 Tage und 18 Stunden, die kältere dagegen 186 Tage und 12 Stunden dauern werden, in welchen Bedingungen gerade gegenwärtig die südliche Halbkugel sich befindet. Natürlich werden wir auch diese Veränderungen noch nicht gar bedeutend nennen können, da ja auch das Wärmequantum, welches der Erde jetzt während des Periheliums von der Sonne zugeschickt wird, zum Wärmequantum, welches die Erde zur Zeit des Apheliums von der Sonne bekommt, sich lediglich so verhält, wie etwa 1·034 : 0·967. Jedenfalls aber sind unstreitig auch diese Unterschiede im Stande, gewisse fühlbare Modificationen in den thermischen Bedingungen der einzelnen Erdgegenden zu bewirken, vorausgesetzt nur, dass andere, zumal tellurische Bedingungen des Klimas, von denen später die Rede sein wird, nicht derart sind, um den Einfluss dieser Unterschiede unwirksam machen zu können.

Allein das Klima der Erde und seine periodische Veränderlichkeit wird nicht blos durch die eben auseinandergesetzten Umstände bedingt. Dass das Klima sich verändert, und zwar periodisch, hat zugleich die in den neuesten Zeiten entdeckte, wiewohl noch nicht in allen meteorologischen Elementen mit gleicher Sicherheit festgestellte Beziehung zwischen fast sämmtlichen meteorologischen Phänomenen auf der Erde einerseits und den auf der Sonne beobachteten Erscheinungen andererseits dargethan, insbesondere die Beziehung zwischen den ersteren und den Sonnenflecken, in deren Erscheinung man bekanntlich gewisse Periodicität festgestellt hat. Die Dauer einer Sonnenflecken-Periode ist zwar noch nicht mit voller Gewissheit bestimmt, da sie selbst veränderlich ist und von 8 bis zu 15 Jahren schwanken kann, so dass sie nur im Durchschnitt nach Wolf 11·11 Jahre, nach John Allan Broun 10·45, nach B. G. Jen-

kins 11·9 Jahre betragen soll,[1]) immerhin kann man sie aber im Mittel auf circa 11 Jahre schätzen, wobei aber zu bemerken ist, dass das Maximum der Sonnenflecken fast stets in 3·7 bis 4 Jahren nach dem Sonnenflecken-Minimum eintritt und das letztere erst in 7·4 bis 8 Jahren dem Sonnenflecken-Maximum nachfolgt, dass also der Zeitraum vom Maximum zum Minimum ein längerer ist, als der vom Minimum zum Maximum. Nicht unerwähnt darf es hier auch bleiben, dass diese periodische Veränderlichkeit der Sonnen-Energie wiederum von Zeit zu Zeit grössere Störungen erleiden muss, die verursachen, dass die Maxima und Minima der Flecken nicht immer mit derselben Stärke zum Vorschein gelangen.

Wenn wir den Ausführungen von Ch. Lamey Glauben schenken sollen, so wäre die 11jährige Periode im Erscheinen der Sonnenflecken blos eine Folge der in der Sonnen-Atmosphäre herrschenden Strömungen, und zwar vom Sonnen-Aequator her gegen die Pole hin, von wo diese Strömungen in das Innere des Sonnenkörpers gelangen sollen, um hierauf abermals in den Aequatorialgegenden der Sonne an die Oberfläche derselben heraufzusteigen. „Diese im Sonneninnern vor sich gehende, übrigens schon seit langem her von mehreren Mitgliedern der Pariser Akademie vermuthete Circulation bietet, wie Lamey sagt, einen sehr einfachen Commentar zur Erklärung der Periodicität der Sonnenflecken dar. Nimmt man nämlich für den mittleren Werth der täglichen Bewegung der Sonnenflecken gegen die Pole hin 3·004 Bogensecunden an, und nimmt man ausserdem an, dass dies gerade auch die mittlere Geschwindigkeit der Strömung im Innern des Sonnenkörpers ist, so zeigt uns eine ganz einfache Berechnung, dass eine Strömung von einer ähnlichen Geschwindigkeit 11·19 Jahre brauchen würde zur Zurücklegung eines Weges gleich $\frac{2\pi R}{4} + 2 R$. Diese Zeit würde aber gerade ganz mit dem 11jährigen Cyklus der Sonnenflecken übereinstimmen“.[2]) Wie weit wir aber noch von der Feststellung sind, ob die wahre Ursache des Sonnenfleckenphänomens und dessen 11jähriger Periodicität gerade derart sei, beweist der Umstand, dass wiederum andere Astronomen

---

[1]) s. „*Nature*“ Vol. 16 (1877), S. 62—64 und Vol. 17 (1878), S. 259—260.

[2]) Ch. Lamey, „*Sur la théorie de la periodicité undecennale des taches du Soleil*“ in „*Comptes rendus de l'Acad. d. Sciences*“ (1876), Vol. 82, Nr. 22.

und Astrophysiker wie Wolf, Warren de la Rue, Balfour Stewart, Loewy, Jenkins etc. diese Periodicität als Folge des Einflusses gewisser Planeten auf die Sonne, d. h. als Folge der Anziehungskraft derselben auf die Sonnen-Atmosphäre erklären, namentlich die Sonnenflecken von dem Stande des Jupiters, der Venus und des Merkurs der Sonne gegenüber und wiederum einander gegenüber abhängig machen, indem sie behaupten, dass die Anzahl der Sonnenflecken jedesmal grösser wird, wenn es zur Conjunction der Venus oder des Merkurs mit Jupiter kommt, oder wenn Merkur sich am meisten der Sonne nähert, oder endlich, wenn Jupiter im Perihelium sich befindet.[1]) Inwiefern aber auch dieser letztere Umstand noch fraglich ist, kann man daraus ersehen, dass ein englischer Astronom, A. C. Ranyard, wiederum eine merkwürdige Coincidenz der Sonnenflecken-Maxima mit den meisten Maxima der Jupiterstreifen, sowie mit dem Erscheinen der weissen, eiförmigen, nach Bond und anderen, auffälligerweise den irdischen Cirruswolken ähnlichen Wolken in der Aequatorialzone des Jupiters entdeckt haben will und in Bezug darauf ausdrücklich sagt: „Wenn die nähere Prüfung der Jupitersbeobachtungen die Vermuthung bestätigen wird, Jupiter und die Sonne hätten gleiche Perioden ihrer Fleckenphänomene, so wird man daraus auch schliessen müssen, dass die Schwankungen der Anzahl der Jupiterflecken auf irgend welche kosmische Ursache zurückzuführen, mit nichten aber eine Art der Gezeiten seien, wie man dies in der Sonnen-Atmosphäre für die Erklärung der Sonnenflecken-Maxima und -Minima glaubte annehmen zu dürfen.“ [2])

Wie dem aber auch immer die Ursache der Periodicität der Sonnenflecken erklärt werden mag, bleibt es dennoch heutzutage eine nicht mehr wie durch längere Zeit früher bezweifelte Sache, dass die Periodicität dieser Erscheinung nicht ohne Einfluss auf die Periodicität einer ganzen Reihe von meteorologischen Phänomenen auf der Erde ist, dass aber dieser Einfluss sich stets etwas später nach den Jahren der Sonnenflecken-Maxima und -Minima geltend macht, so etwa, wie die grösste Winter-

[1]) cf. B. Stewart, „*Suspected relations between the sun and the earth*“ in „*Nature*“ Vol. 16 (1877), S. 26—28; „*Nature*“ Vol. 17, S. 259—260 und Guillemin „*Le Ciel*“ (Paris 1877), S. 109—110.

[2]) s. Guillemin „*Le Ciel*“ S. 459—460.

kälte meist erst nach dem tiefsten Stande der Sonne, die intensivste Wärme aber nach dem Sommersolstitium eintritt.

Namentlich haben fast gleichzeitig Erward Sabine in London, Gautier in Genf und Wolf in Zürich — und zwar im Jahre 1852 — dargethan, dass zwischen den Erscheinungen des Erdmagnetismus und der grösseren oder geringeren Anzahl der Sonnenflecken eine nicht wegzuleugnende Beziehung stattfindet, dass insbesondere die grössere tägliche Variation der magnetischen Declinationsnadel in der Regel mit den Maxima der Sonnenflecken zusammentreffen. [1]) Bald hierauf hat sich auch J. Allan Broun, und zwar aus den in den Jahren 1844—1857 gemachten Beobachtungen überzeugt, dass in den Oscillationen der Declinationsnadel wiederum eine kürzere, nämlich 26 Tage dauernde Periode zu unterscheiden ist — eine Periode, die — da eine Achsendrehung der Sonne nach Spörer in 26·3 Tagen geschieht — somit der Dauer einer Achsendrehung der Sonne vollkommen entsprechen würde. [2]) Dasselbe hat auch ganz unabhängig von J. A. Broun der Director des Prager Observatoriums, Dr. Hornstein, festgestellt. [3]) Ueberdies haben auch Schiaparelli in Mailand, der Amerikaner E. Loomis, sowie Balfour Stewart und William Ellis in England bemerkt, dass die Maxima und Minima der täglichen Oscillationen der magnetischen Declinationsnadel stets mit den Maxima und Minima der Sonnenflecken Hand in Hand gehen, so dass z. B. die grösste tägliche Oscillation der letzteren fast ganz genau mit den Jahren der Sonnenflecken-Maxima 1837, 1848, 1859 und 1870 zusammenfielen. Nach B. Stewart sollen die erwähnten Oscillations-Maxima und -Minima gegenüber den Flecken-Maxima und -Minima sich blos um etwa 5 Monate verspäten. [4]) Zwar war es bereits seit den Zeiten John Herschel's kein Geheimniss mehr, dass zwischen der Erscheinung der Protuberanzen in der Sonnen-Atmosphäre und gewissen magnetischen Erscheinungen

---

[1]) cf. H. Fritz, „Die Beziehungen der Sonnenflecken zu den magnetischen und meteorologischen Erscheinungen der Erde“ — eine von der holländ. Gesellschaft der Wissenschaften zu Haarlem gekrönte Preisschrift. Haarlem 1878, S. 5 u. ffg.

[2]) s. „*Nature*“ Vol. 13, S. 328 und Vol. 16, S. 9—11.

[3]) s. Secchi „*Le Soleil*“ (Paris 1875) I, S. 152—153.

[4]) cf. „Zeitschrift der österr. Gesellschaft für Meteorologie“ Bd. X, S. 366 bis 367 u. „*Nature*“ Vol. 17, S. 326 und Vol. 20, S. 91.

auf der Erde, insbesondere den Nordlichtern, eine gewisse Beziehung vorherrschen muss. Ebenfalls fiel es bereits J. Mairan, Littrow etc. auf, dass die Nordlichter und die Sonnenflecken gewissen Perioden, wiewohl man noch die Längen derselben nicht zu bestimmen vermochte, unterworfen sind. [1]) Allein erst nach den vorläufigen Untersuchungen von William Stevenson 1853 und Wolf 1859, sowie nach den Beobachtungen von Secchi 1859 und Hansteen in Christiania 1861 haben Prof. H. Fritz in Zürich 1862, Loomis 1865 und 1870, Astronom Tacchini in Palermo etc. die innigste Beziehung zwischen den Sonnenflecken-Maxima und den Maxima der Nordlichter ausser Zweifel gesetzt. [2]) Denn wiewohl die letzteren etwas später als die ersteren eintreten, beträgt doch diese Verspätung blos etwa 0·9 eines Jahres, während dagegen die Minima der Nordlichter um etwa 0·3 eines Jahres früher als die Flecken-Minima stattfinden. Zugleich soll nach Fritz auch eine Periode von 55·6 Jahren in dem Vorkommen der Nordlichter ersichtlich sein, also eine Zeitdauer, die vollkommen der Dauer von fünf Perioden der Sonnenflecken entsprechen würde, sowie auch eine andere, noch längere Periode von 222 Jahren, die somit 20 Sonnenflecken-Perioden gleichkäme. Auch laut des Catalogs der Nordlichter von Prof. Lovering treten die Maxima und Minima der Sonnenflecken und die Maxima und Minima des Nordlichtes fast ganz gleichzeitig ein. [3]) Wie dürftig noch das Beobachtungsmaterial in Betreff des Südlichtes, d. h. des Polarlichtes der südlichen Hemisphäre ist, kann man doch schon auf Grundlage dieses Materials vermuthen, dass den Nordlichtperioden die gleichen Südlicht-Perioden entsprechen. [4]) Merkwürdig genug, dass andererseits wiederum das Maximum der Nordlichter von häufigsten Sonnen- und Mondhöfen, sowie von den zahlreichsten Cirruswolken, deren lang gezogene Reihen sehr oft mit dem magnetischen Meridian parallel laufen, [5]) dafür aber von einem Minimum der elektrischen Gewitter begleitet wird.

---

[1]) cf. Fritz l. c. S. 22 und ffg.

[2]) s. Fritz l. c. S. 22—56.

[3]) s. „Zeitschrift der österr. Gesellschaft f. Meteorologie" Bd. X, S. 317—318.

[4]) s. Fritz l. c. S. 56—60.

[5]) cf. Hahn, „Ueber die Beziehungen der Sonnenflecken-Periode zu meteorologischen Erscheinungen" (Leipzig 1877), S. 127—131.

Wenigstens hat W. v. Bezold dargethan, dass die, die zahlreichsten Gewitter aufweisenden Jahre zugleich Jahre der Sonnenflecken-Minima waren, woraus nun folgen würde, dass die Erscheinungen der Gewitter und der Polarlichter sich einander gleichsam die Wage halten. [1]) Indessen kamen — was hier sogleich hinzugefügt werden muss — Hahn [2]) und Fritz [3]) in Betreff der Beziehungen der Gewitter zu den Sonnenflecken zu einem gerade entgegengesetzten Resultate, so dass erst fernere Untersuchungen hoffentlich den Ausschlag geben werden. Ohne an diesem Orte näher darauf einzugehen, was — nach den neuesten Beobachtungen und Forschungen — die Natur des Zodiacallichtes sei, können wir noch beifügen, dass bereits zu Ende des XVII. Jahrhunderts der französische Astronom Cassini die Beobachtung gemacht hatte, dass die Intensität des Zodiacallichtes veränderlich ist, und zwar bald zu- bald abnimmt, je nachdem auch die Anzahl der Sonnenflecken grösser oder geringer ist. Olbers und Gruithuisen erwähnen, dasselbe hätten auch die Beobachtungen des Jahres 1839 bestätigt. [4])

Auf ähnliche Art verrathen auch die übrigen meteorologischen Erscheinungen eine gewisse Abhängigkeit von der grösseren oder geringeren Anzahl der Sonnenflecken. Unter Anderen haben z. B. die bereits erwähnten Gelehrten J. A. Broun und Dr. Hornstein bemerkt, dass die Schwankungen des Barometerstandes und somit diejenigen des Luftdruckes auch ihre Periode haben, und zwar eine ganz entsprechende der Zeit einer Sonnenrotation, d. h. eine Periode von etwa 25—26 Tagen. [5]) Dem Prof. Hornstein ist es obendrein auf Grundlage sorgfältiger Untersuchungen einer 30jährigen Reihe von Beobachtungen zu Prag und zu München gelungen, nachzuweisen, dass der Luftdruck auch in einer vieljährigen Periode steigt und fällt und dass die Dauer dieser Periode — nämlich 70 Jahre — der

---

[1]) s. J. Hann, „Bericht über die Fortschritte der geographischen Meteorologie“ in Behm's „Geograph. Jahrb.“ (1876), S. 9.

[2]) l. c. S. 160.

[3]) l. c. S. 223—238.

[4]) s. „*Nature*“, Vol. 18, S. 148.

[5]) s. B. Stewart „*Opening Address*“ in d. „*Nature*“ Vol. 12, S. 348 und Fritz l. c. S. 182.

Länge der grösseren Sonnenflecken-Periode ungefähr gleichkommt, dass nämlich während dieser Periode die jährliche Schwankung des Luftdruckes gleichzeitig mit den Sonnenflecken und Nordlichtern ihr Maximum und Minimum erreicht, was aber die Forschungen des schwedischen Naturforschers Forssman wiederum insoweit modificiren, dass östlich von einer Linie, welche von Schottland bis zum Caspischen Meere quer durch Europa geht, magnetische Störungen und Polarlichter eine Erhöhung, westlich von jener Linie aber eine Erniedrigung des Luftdruckes bewirken. [1]) Chambers in Bombay will sogar auf Grundlage der im Laufe der Jahre 1847—1877 gesammelten Daten die Entdeckung gemacht haben, dass der Luftdruck in jedem Sommer während der Jahre der Sonnenflecken-Maxima am geringsten, dagegen in den Sommern der Flecken-Minimajahre stets am grössten sei, und zieht daraus den Schluss, die Sonne müsse während ihrer Flecken-Maxima am heissesten sein. [2]) Diese Coincidenz der Minima des Luftdruckes mit den Maxima der Sonnenflecken ist aber, wie es scheint, nur für die heisse Zone, insbesondere für Indien und den malaischen Archipel, giltig; in Russland und West-Sibirien hat sich nämlich im Gegentheile herausgestellt, dass die Lufdruck-Maxima geradezu mit den Sonnenflecken-Maxima Hand in Hand gehen, und zwar wahrscheinlich aus keinem anderen Grunde, als nur, dass die zur Zeit der Flecken-Maxima in der heissen Zone erhitzte aufsteigende und deswegen daselbst die Barometer-Depression verursachende Luft in oberen Regionen dem russisch-sibirischen Areale zuströmt und dort in Folge der Abkühlung niedersinkt und den Luftdruck steigert. [3])

Der letztere, noch äusserst, wie wir sehen, dunkle Zusammenhang zwischen dem Barometerstande und den Sonnenflecken führt uns ferner unmittelbar zur Betrachtung der Temperaturverhältnisse der Luft, in Betreff deren Baxendell, Roscoe, Balfour Stewart und Henry

---

[1]) cf. Hahn, „Ueber die Beziehungen der Sonnenflecken-Periode etc.“ S. 162—171.

[2]) s. „Zeitschrift d. ö. G. f. Meteorologie“ Bd. XIII (1878), S. 435—436 u. „*Nature*“, Vol. 18, S. 567.

[3]) cf. H. F. Blanford, „*On the barometric seesaw between Russia and India in the sunspot-cycle*“ in „*Nature*“ Vol. 21, S. 477—482.

Blanford wirklich eine merkwürdige Uebereinstimmung mit den Sonnenflecken-Perioden entdeckt haben. Namentlich kamen sie auf Grundlage ihrer unabhängig untereinander gemachten Beobachtungen und Untersuchungen zu dem Resultate, dass die Stärke der Insolation, d. h. der Sonnenwärme, ganz so wie die Anzahl der Sonnenflecken zu- und abnimmt. Zu einem ganz verschiedenen Ergebniss haben zwar schon mehrere frühere Untersuchungen, vor allem aber die Untersuchungen des Professors Köppen in Hamburg, Stone's im Caplande und Hill's in Ostindien geführt, die da ergaben, dass die Lufttemperatur gerade in dem Masse höher wird, in welchem sich die Anzahl der Sonnenflecken vermindert,[1]) und was allerdings durch die Untersuchungen Dr. Hahn's[2]) noch insoweit unterstützt wird, dass im allgemeinen — zumal in einem grossen Theil Europas — „in fleckenarmen Jahren die Dauer der längsten Kälteperiode des Winters hinter dem Mittel zurückbleibt, dagegen in fleckenreichen darüber hinausgeht, dass ferner in beiweitem meisten Fleckenperioden für die Jahre vom Maximum bis zum Minimum ein häufigeres und für die Jahre vom Minimum bis zum Maximum (d. h. für die Jahre steigender Fleckenmenge) ein viel selteneres Vorkommen kalter und andauernder Winter sich nachweisen lässt, dass hingegen die grosse Mehrzahl der heissen Sommer auf die Jahre nach dem Minimum, die grösste Anzahl aber der in auffälliger Weise kalten Sommer auf die Jahre nach dem Maximum trifft". Ebenso würden nach Chavanne's Zusammenstellung der Eisverhältnisse im arktischen Polarmeere die Winter mit höherer Temperatur etwas im Uebergewicht sein zur Zeit der Sonnenflecken-Minima, die Winter mit niederer Temperatur dagegen würden etwas mehr zur Zeit der Sonnenflecken-Maxima eintreffen.[3]) Indessen findet H. Blanford, gestützt auf eigene diesbezügliche Untersuchungen, in diesen entgegengesetzten Ergebnissen blos einen scheinbaren Widerspruch, indem er zu

---

[1]) cf. „Zeitschrift d. ö. G. f. M." Bd. VIII, Nr. 16 u. 17; „*Nature*" Vol. 16, S. 45 und 505; Fritz, „Die Beziehungen der Sonnenflecken etc." S. 61—108 und Dr. W. Köppen, „Ueber vieljährige Perioden der Witterung" in d. „Deutschen Rundschau f. Geographie und Statistik", II. Jahrg., S. 95—105.

[2]) „Ueber die Beziehungen der Sonnenflecken-Periode etc." S. 34 u. ffg.

[3]) s. Fritz l. c. S. 167—176.

beweisen trachtet, dass die Temperatur und die Feuchtigkeit der Luft — zumal in der tropischen Zone — einen ganz entgegengesetzten Verlauf haben. Die grössere Wärmestrahlung der Sonne müsse nämlich die Bildung einer grösseren Menge von Wasserdampf auf dem Ocean bewirken und somit auch die Luftfeuchtigkeit steigern, d. h. grössere Bewölkung und häufigere Niederschläge nach sich ziehen; der letztere Umstand verhindere nun aber geradezu die höhere Erwärmung der über der Erdoberfläche schwebenden Luftschichten, während noch überdies auch die Verdampfung einer grösseren Menge des in Regenform gefallenen Wassers nur umsomehr zur Erniedrigung der Lufttemperatur beitragen müsse.[1]) Diese ebenso glückliche als tiefsinnige und den meteorologischen Grundsätzen treue Erklärungsweise, der auch Prof. Fritz beistimmt, findet denn auch, wiewohl sie für manche, besonders für Köppen, noch lange nicht den crassen Widerspruch in den Resultaten der oben erwähnten Untersuchungen hebt, dennoch schon einigermassen ihre Unterstützung darin, dass, wie dies wiederum Dr. Hornstein, Rühlmann, Baxendell etc. festgestellt haben, auch die Geschwindigkeit und die Stärke der Winde zur Zeit der Sonnenflecken-Maxima grösser ist, womit zugleich eine interessante Winddrehung, nämlich eine ähnliche, welche R. Main in Oxford beobachtet hatte, Hand in Hand gehen soll, d. h. von Westen gegen Süden in der Zeitperiode zwischen dem Maximum und Minimum der Sonnenflecken und von Süden gegen Westen in der Zeitperiode zwischen dem Minimum und Maximum derselben„[2]) sowie dass nach anderweitigen Beobachtungen der Windverhältnisse, zumal der gemässigten Zone, die Aequatorialströme gerade in den fleckenreichen Jahren, die Polarströme aber in den fleckenarmen Jahren ein Uebergewicht zu haben scheinen.[3]) Umsomehr aber wurde die obige Erklärungsweise Blanford's durch die Resultate der von Karl Meldrum auf Mauritius vorgenommenen Unter-

[1]) s. „*Nature*“ Vol. 12, S. 147—148 und S. 188—189; „Zeitschrift d. ö. G. f. M.“ Bd. X, S. 261—264.

[2]) „Zeitschrift d. ö. G. f. M.“ Bd. XIII (1878), S. 158—160, u. „*Nature*“ Vol. 16, S. 352.

[3]) cf. Hahn, „Ueber die Beziehungen der Sonnenflecken-Periode etc.“ S. 100—105.

suchungen, sowie der von Norman Lockyer zusammengestellten Beobachtungen in Capland und derjenigen von G. J. Symons in Grossbritannien und Irland betreffs der Niederschlagsmenge in verschiedenen Sonnenflecken-Perioden unterstützt — durch Resultate, die in der That für das Sonnenflecken-Maximum auch das Maximum der Niederschläge ergaben. Zwar vermuthete bereits William Herschel, der erste (im Jahre 1801), eine gewisse Beziehung zwischen der Niederschlagsmenge und den Sonnenflecken-Perioden und suchte sie damit zu begründen, dass, da die Emission der Wärme und des Lichtes von der Sonne eine andere zur Zeit der Maxima und wiederum eine andere zur Zeit der Minima der Sonnenflecken sein muss, dieser Umstand gewiss „*a great variety in the severity or mildness of the seasons of different climates*“ hervorrufen kann.[1]) Die eigentliche Begründung der erwähnten Beziehung ist jedoch vor allem ein Verdienst von K. Meldrum, der, seine früheren Untersuchungen weiter verfolgend und gestützt auf eine ganze Reihe von in allen Welttheilen gesammelten Beobachtungen, gefunden, dass zur Zeit des Sonnenflecken-Maximums wirklich überall — einige wenige Ausnahmen abgerechnet — die Niederschlagsmenge grösser ist, als während der Sonnenflecken-Minima. Dieser Ueberschuss beträgt z. B. in England 1·94 Zoll, im übrigen Europa 3·64, in den Vereinigten Staaten Nordamerikas 5·17, in Ostindien 8·98, in Australien 6·23 Zoll und demnach im Mittel 6·23 engl. Zoll. Von 9 Jahren, in deren das Sonnenflecken-Maximum vorgekommen, haben 7 Jahre in England einen Ueberschuss der Niederschlagsmenge im Vergleiche mit der Niederschlagsmenge während 7 Jahren der Sonnenflecken-Minima gehabt; auf dem europäischen Festland haben von 7 Jahren der Sonnenflecken-Maxima 6 Jahre einen reichlicheren Niederschlag als 6 Jahre der Sonnenflecken-Minima aufgewiesen; in Amerika haben von 6 Flecken-Maximajahren 5 Jahre den Ueberschuss, in Ostindien von 6 Jahren 4, in Australien von 3 Jahren 2 Jahre den Ueberschuss der Niederschlagsmenge gezeigt. Im Durchschnitt also wiesen 7 Flecken-Maximajahre eine grössere Menge der Niederschläge auf, als 7 Jahre der Sonnenflecken-Minima. Im Besonderen

---

[1]) cf. „*Nature*“ Vol. 17, S. 443—445.

zeigte die während 4 Jahren der Sonnenflecken-Maxima gefallene Niederschlagsmenge, nämlich in den Jahren 1829·5, 1837·2, 1848·6, 1860·2, einen durchschnittlichen Ueberschuss von 9·5 engl. Zoll der Regenmenge im Vergleiche mit der Niederschlagsmenge ebenso vieler Jahre der Sonnenflecken-Minima.[1]) Damit ist aber noch nicht gesagt, als wäre die Niederschlagsmenge auf allen Stationen der Erde während des Sonnenflecken-Maximums die grösste und während des Sonnenflecken-Minimums die geringste. „Der allgemeine Cyklus der Niederschläge auf der ganzen Erdoberfläche darf vielmehr blos als die Summe localer Niederschlags-Quantitäten betrachtet werden, die mehr oder weniger je nach localen Bedingungen sowohl untereinander als auch von dem allgemeinen Cyklus differiren, so dass an einzelnen Orten der Cyklus sogar ein umgekehrter sein mag. Somit war es denn auch möglich, dass, obwohl das letzte regnerische Wetter von West- und Central-Europa (1879) zur Zeit des Sonnenflecken-Minimums eine Abweichung von der allgemeinen Regel gewesen, es dennoch keineswegs eine Ausnahme in Bezug auf seine eigenen localen Modificationen im genannten Erdtheile war. Denn die Niederschlagsmenge dieses Erdtheiles war auch in den Flecken-Minimajahren, 1844—1845, 1854—55 und 1866—67 über der Durchschnittszahl. Europa ist aber lediglich ein kleiner Theil der Erdoberfläche und demnach kann von den Abweichungen dieses Erdtheiles allein noch nicht geschlossen werden, die Niederschlagsmenge wäre während der genannten Minimajahre der Sonnenflecken im allgemeinen grösser als die durchschnittliche“.[2])

Es ist zwar theoretisch selbstverständlich, dass mit der grösseren Niederschlagsmenge während der fleckenreichen Jahre auch grössere Bewölkung, also eine trübere Witterung Hand in Hand gehen muss. Leider lässt sich aber wegen Mangels des entsprechend zahlreichen Beobachtungsmaterials noch nicht gewisse periodische Veränderlichkeit in der Bewölkung für ganze Jahre hindurch mit voller Sicherheit feststellen, ausser dass in der gemässigten Zone, vor allem in Mittel-Europa, das

---

[1]) s. „Zeitschrift d. ö. G. f. Meteorologie“ Bd. XI, S. 296—299; Behm's „Geograph. Jahrb.“ (1876), S. 8 und „*Nature*“ Vol. 17, S. 448—450 u. Vol. 18, S. 564—567.

[2]) cf. „*Nature*“ Vol. 21, S. 168.

Maximum der Sonnenflecken in der That von trüben und kalten, das Minimum aber von heiteren und heissen Sommern begleitet wird,[1]) und dass, wie bereits früher erwähnt wurde, die sogenannten Cirruswolken, die sich sonst nicht ohne Grund den Ruf der Vorboten eines Witterungswechsels erworben haben, zu gleicher Zeit mit den Sonnenflecken ihr Maximum erreichen.[2])

Nicht weniger Aufsehen erregende und mit den erwähnten vollkommenen übereinstimmende Ergebnisse hat auch Dr. W. W. Hunter von seinen Untersuchungen erhalten; er hat sich nämlich überzeugt, das im südlichen Theile von Vorderindien die trockenen Jahre und die damit eng verbundene Hungersnoth periodisch eintreten, und zwar gerade zur Zeit der Sonnenflecken-Minima. Diese Ergebnisse hat er in einer besonderen Schrift unter dem Titel: „*The cycle of drought and famine in southern India*“ (Calcutta 1877) veröffentlicht.[3]) Dass aber diese merkwürdige Erscheinung der periodisch wiederkehrenden Jahre der Hungersnoth in Indien keineswegs vereinzelt dasteht, beweisen ähnliche Vorkommnisse in China und Brasilien, sowie auf Mauritius, wo die regenarmen Jahre gerade gleichzeitig oder fast gleichzeitig mit denjenigen im südlichen Vorderindien eintreten. Die Insel Mauritius ist wohl in dieser Hinsicht am merkwürdigsten, da weder die Nähe des Oceans, noch die frühere Bewaldung der Insel diese periodische Wiederkehr der Regenarmuth verhindern kann oder konnte.[4])

Nicht ohne Interesse ist ferner auch die Thatsache, dass das Erscheinen der Heuschreckenschwärme periodisch wiederkehrt und somit augenscheinlich im gewissen Grade durch die meteorologischen Veränderungen, die ihrerseits wiederum mit den Sonnenflecken-Perioden in directer Beziehung stehen, regulirt wird. Dies haben wirklich Dr. W. Köppen, Dr. F. G. Hahn, Camille Flammarion und Walford, gestützt auf die aus den zwei letzten Jahrhunderten gesammelten Daten, ausser Zweifel gesetzt. Danach erscheinen die Heuschrecken-

---

[1]) Hahn l. c. S. 120—126.

[2]) Fritz „Die Beziehungen der Sonnenflecken etc.“ S. 215—218 und Hahn l. c. S. 127—129.

[3]) s. „*The geographical Magazine*“ (1877), S. 111—113 und „*Nature*“ Vol. 16, S. 14, 455—456.

[4]) s. „Zeitschrift d. ö. G. f. M.“ Bd. XII (1877), S. 248.

schwärme in der Regel in den Epochen des Sonnenflecken-Minimums, sowie in den nächsten, diesem Minimum unmittelbar folgenden Jahren, verschwinden dagegen gegen das Sonnenflecken-Maximum, um abermals in den Jahren der Sonnenflecken-Minima zu erscheinen. Da insbesondere nach Dr. F. G. Hahn das Erscheinen der häufigsten Heuschreckenschwärme in Europa stets in den Jahren zwischen dem Minimum und Maximum der Sonnenflecken stattfindet und sonderbarerweise nie zwischen dem Maximum und Minimum derselben, die Zeit aber zwischen dem Minimum und Maximum der letzteren in Central-Europa in der Regel wärmer und trockener ist, als diejenige zwischen dem Flecken-Maximum und Flecken-Minimum, so hätten wir darin den Fingerzeug, dass die Heuschreckenschwärme nur in den heissen und trockenen Jahren, natürlich wegen Aufsuchens der Nahrung, auf der Wanderung begriffen sind.[1])

Je mehr die Zahl ähnlicher Untersuchungen zunimmt, desto deutlicher tritt auch die innigste Beziehung zwischen der Niederschlagsmenge einer- und der Anzahl der Sonnenflecken andererseits auf. Anfänglich, d. h. noch im Jahre 1872, hat man (und zwar Meldrum) in dieser Hinsicht die Niederschlagsmenge auf blos drei meteorologischen Stationen untersucht. Bald hierauf hat Norman Lockyer die Zahl dieser Stationen noch um zwei weitere vermehrt, indem er nämlich die Beobachtungen in Madras und Captown mit in Rechnung gezogen. Gegenwärtig ist die Anzahl der Stationen, deren Daten man verwerthet hatte, bereits bis auf 144 herangewachsen, während die Meteorologen auch gleichzeitig sich angelegen sein liessen, das Beobachtungsmaterial von immer grösserer Anzahl der Sonnenflecken-Perioden zu sammeln, so dass sie heutzutage schon über sieben Sonnenflecken-Perioden in Betreff der Niederschlagsmenge verfügen. Es giebt zwar Stationen, wo die beobachtete Niederschlagsmenge mit dem oben erwähnten, allgemeinen Gesetze nicht übereinstimmt; allein sie gehören, wie bereits erwähnt wurde, zu wenig zahlreichen Ausnahmen und auf denselben geben vielmehr die localen Bedingungen, wie die Nähe der Gebirge, das Fehlen der Wälder etc. den Ausschlag. Sonst bewährt sich überall das Gesetz, dass die Niederschlags-

[1]) s. „*Nature*“ Vol. 19 (1878), S. 145—146, und Hahn, „Ueber die Beziehungen der Sonnenflecken-Periode etc.“ S. 155—157.

menge zur Zeit der Sonnenflecken-Maxima stets grösser ist, dass aber insbesondere dieser Ueberschuss an Niederschlagsmenge in der heissen Zone am bedeutendsten ist und mit der wachsenden geographischen Breite abnimmt, und dass die dem Meere nahe gelegenen Stationen dem genannten Gesetze viel günstiger erscheinen als die mitten im Lande gelegenen.[1]) Nebenbei ist aber noch ein anderer, wichtiger Umstand zu erwähnen. E. Douglas Archibald und Hill in Ostindien haben nämlich festgestellt, dass die Winterregen in Calcutta, Benares, Agra, Allahabad, sowie auch in Sydney (Australien) gerade am reichlichsten während der Jahre der Sonnenflecken-Minima, dagegen am ärmsten zur Zeit der Sonnenflecken-Maxima gewesen sind — und zwar waren sie im ersten Falle um etwa 20% reichlicher als die Durchschnittsmenge der Winter-Niederschläge überhaupt, im zweiten um 21% geringer als derselbe durchschnittliche Werth, dass aber auch ungeachtet dessen, wenn man die Regenmenge der ganzen Jahre in Betracht zieht, dieselbe dennoch zur Zeit der Sonnenflecken-Maxima um 14% grösser als der aus dem ganzen 11jährigen Cyklus der Sonnenflecken genommene mittlere Werth, zur Zeit der Sonnenflecken-Minima aber um 4% geringer als derselbe mittlere Werth war.[2])

Natürlich hat auch der Wasserstand der Flüsse, der ja so unmittelbar von der Menge der atmosphärischen Niederschläge abhängt, dieselbe Periode und somit auch dieselbe Abhängigkeit von den periodischen Störungen in der Sonnen-Atmosphäre aufgewiesen. Man hat nämlich die Beobachtung

[1]) s. „Zeitschrift d. ö. G. f. M.“ Bd. XI (1876), S. 296—299.

[2]) s. „*Nature*“ Vol. 16, S. 339, 396 und 505. Der Umstand, dass die Menge der Winter-Niederschläge im umgekehrten Verhältnisse mit der Anzahl der Sonnenflecken steht, braucht übrigens noch anderweitig bestätigt zu werden. Dagegen begegnet die von der Blanford'schen Theorie gänzlich abweichende Behauptung Archibald's und Hill's, als gingen die Maxima der Sonnenflecken gerade mit den Minima der Sonnentemperatur und mit den schwächsten Winden, resp. Antipassaten, die Sonnenflecken-Minima aber mit der höchsten Temperatur der Sonne und mit den stärksten Winden Hand in Hand (s. „*Nature*“ Vol. 16, S. 505—506 und Vol. 17, S. 505), einen Widerspruch darin, dass danach das Maximum der Niederschläge nur in der heissen Zone zur Zeit der Flecken-Maxima gerade in Folge des schwächeren Antipassats möglich sein würde, in der subtropischen und gemässigten Zone aber die reichlichsten Niederschläge in die Jahre der Flecken-Minima in Folge eines stärkeren Antipassats fallen müssten, was doch nicht der Fall ist.

gemacht, dass der Wasserstand der Flüsse fast in allen Ländern ziemlich gleichzeitig um die Jahre der Sonnenflecken-Maxima höher wird, wie um die Jahre 1804, 1816, 1829, 1837, 1848, 1860, 1871, [1]) dass aber insbesondere der Wasserstand des Rheins, der Seine, der Donau, der Elbe, der Oder etc. zur Zeit des Sonnenflecken-Maximums im Durchschnitte um 16·2 Zoll über den mittleren Stand zur Zeit des Sonnenflecken-Minimums sich hebt. Von 13 Jahren der Sonnenflecken-Maxima haben 10 Jahre diesen Ueberschuss verrathen, worin man denn nun einen augenscheinlichen Beweis erblickt, dass die Flüsse steigen oder fallen, je nachdem die Anzahl der Sonnenflecken zu- oder abnimmt. [2]) Hierfür hat man auch anderwärts sehr schätzbare Zeugnisse. Livingstone z. B. erwähnt, dass, wie ihm dies die Eingebornen erzählten, im Norden von Kalahari bereits dreimal nacheinander in Zwischenräumen von 11—12 Jahren grössere Regenfälle stattfanden und dass der Fluss Kuisip in den Jahren 1848 und 1849 seit 11 Jahren zum ersten Male das Meer erreicht habe. Dies würde nun bedeuten, dass mit einer gewissen Verspätung gegenüber den Sonnenflecken-Maxima doch eine Uebereinstimmung zwischen diesen und dem Regenfall in Südafrika stattfindet, da, wenn man vom Jahre 1852 an, in welchem Livingstone dies erwähnt, rückwärts zu 11—12 Jahren (im Mittel also zu 11·5 Jahren) rechnet, dort der reichlichste Regenfall in den Jahren 1852, 1840·5, 1829, 1817·5 vorkommen musste, während die Flecken-Maximajahre die Jahre 1848, 1837, 1829 und 1816 gewesen sind. [3]) Ebenso hat man schon seit lange her wohl gewusst — denn davon erwähnen bereits Plinius und Maçudi — dass die Nil-Ueberschwemmungen nicht immer gleich gross sind, dass sie im Gegentheile ihre Maxima und Minima haben. Nun hat aber die Zusammenstellung der darüber vorhandenen Beobachtungen von 1825—1872 dargethan, dass diese Maxima und Minima wiederum eine mit den Sonnenflecken gleiche Periode aufweisen. Die Minima kamen nämlich in den Jahren 1835, 1845, 1857, 1865, die Maxima aber in den Jahren 1828, 1841, 1849, 1861 und 1870 vor, während

---

[1]) cf. Fritz, „Die Veränderlichkeit der Wassermengen der Gewässer des Festlandes“ in Petermann's „Mittheilungen“ (1880), S. 245—255.

[2]) s. „Zeitschrift d. ö. G. f. M.“ Bd. XI, S. 296—299.

[3]) s. „Zeitschrift d. ö. G. f. M.“ Bd. XIII, S. 33—39.

die Jahre der Sonnenflecken-Minima nach der Wolf'schen Tabelle 1834, 1843, 1856 und 1867, die Jahre der Flecken-Maxima aber 1830, (1837), 1848, 1860 und 1871 waren.[1]) Diese, sowie auch ähnliche, im tropischen Brasilien gemachte[2]) Beobachtungen würden nun, wie man sieht, noch umsomehr das obige, von K. Meldrum entdeckte Gesetz von der Beziehung der Niederschlagsmenge zu Sonnenflecken-Perioden unterstützen.

Kein Wunder, dass auch manche Landseen, wie dies G. M. Dawson in Canada an den Seen Superior, Michigan, Erie, Ontario bemerkt hatte, ihr Wasserspiegel in Folge reichlicherer Niederschläge gerade in den Jahren der Sonnenflecken-Maxima heben,[3]) sowie dass auch die meisten Gletscher zu derselben Zeit vorzurücken pflegen. Freilich ist „das Stossen und Zurückgehen der Gletscher in keinem geringen Grade durch deren Lage, Form, Ausdehnung, durch das Sammelgebiet des Schnees etc. bedingt; ferner kann sich bei dem einen Gletscher irgend ein Einfluss im ersten Jahre geltend machen, bei anderen wird er sich erst nach Jahren zeigen; bei dem einen Gletscher ist der günstige oder ungünstige Einfluss wenig, bei dem anderen lange nachhaltig. Alles dies in Betracht gezogen, erklärt sich einfach, warum zwei, selbst benachbarte Gletscher sich genau entgegengesetzt verändern können. Allein auch eine Reihe aufeinander folgender kühler und feuchter oder warmer und trockener Jahre werden wohl im Stande sein, das Aussehen und die Dimensionen der Gletscher zu verändern". Nun hat gerade in dieser letzten Beziehung Professor Fritz, dessen Worte wir hier anführen, eine schwierige Arbeit unternommen, alle bis heutzutage zur Verfügung stehenden Daten über die Längenveränderungen der Gletscher überhaupt, der Alpengletscher insbesondere, zusammenzustellen, und war so glücklich auch in diesem Phänomen eine mit der Sonnenflecken-Periode übereinstimmende Periodicität zu entdecken. Zwar glaubte Fritz schon vor ungefähr 15 Jahren (sowie auch A. Mousson vor etwa 24 Jahren) eine Beziehung zwischen den Sonnenflecken-Perioden und den Längenveränderungen der Gletscher annehmen

---

[1]) s. „Zeitschrift d. ö. G. f. M." Bd. XIII, S. 363—364.

[2]) s. „*Nature*" Vol. 18, S. 384.

[3]) s. „Zeitschrift d. ö. G. f. M." Bd. IX, S. 172 und Fritz „Die Beziehungen der Sonnenflecken etc." S. 140.

zu dürfen und machte darauf schon im Jahre 1872 in einem besonderen Aufsatze aufmerksam (in der „Vierteljahrsschrift der naturf. Gesellschaft in Zürich" Jahrgang 22), wurde aber damals wegen mangelhaften Beobachtungsmaterials noch zu keinem bestimmten Resultate geführt. Nachdem er aber neulich die betreffenden Beobachtungen von allerwärts gesammelt und hierauf die wichtigsten Wendepunkte der Stoss- und Rückzugs-Perioden der Gletscher mit den Wolf'schen Epochen der Sonnenflecken verglichen hatte, fand er wirklich zwischen der einen und der anderen Erscheinung eine so auffallende Uebereinstimmung, dass er auf Grundlage derselben, sowie auch des Factums, dass die Jahre, in welchen die Sonne reich an Flecken ist, im allgemeinen reicher an Niederschlägen und etwas weniger warm sind, wohl den Ausspruch wagen konnte, „mit der Zunahme der Sonnenflecken seien auch zunehmende Gletscherlängen und umgekehrt zu erwarten". [1])

Charakteristisch genug, dass dieselbe Uebereinstimmung auch zwischen der Anzahl der Sonnenflecken und derjenigen der Orkane nicht wegzuleugnen ist. Dies haben vorzugsweise Karl Meldrum, der bereits einmal erwähnte Director des Observatoriums auf der Insel Mauritius, in Betreff der Orkane am Indischen Ocean und A. Poey, Director des Observatoriums in Havanna, der wiederum zu diesem Zwecke die betreffenden Daten aus den Jahren 1750—1873 in Westindien gesammelt, dargethan. Die Maxima der Orkane und die Maxima der Sonnenflecken, sowie die Minima der ersteren und der letzteren fallen zwar nicht vollkommen gleichzeitig zusammen; allein der Zeitunterschied zwischen dem Eintreten der einen und der anderen Erscheinung ist sehr unbedeutend, da das Maximum der Cyklone nur um 1·4 Jahr später als das Sonnenflecken-Maximum, das Minimum aber der ersteren nur um 0·5 des Jahres früher als das Sonnenflecken-Minimum stattfinden. [2]) Damit stimmen auch im allgemeinen die Daten, die Piddington für die Tyfoons des chinesischen Meeres aus der Zeitperiode 1780—1847 zusammengestellt hat, überein, und da ausserdem Poey auf Grundlage seiner Beobachtungen annehmen zu dürfen

---

[1]) s. Fritz, „Die periodischen Längenveränderungen der Gletscher" in Petermann's „Mittheilungen" (1878), S. 381—391.

[2]) s. „Zeitschrift d. ö. G. f. M." Bd. IX, S. 84 ffg. u. „*Nature*" Vol. 12, S. 16.

glaubt, dass nicht nur die Anzahl, sondern auch die Intensität der Wirbelstürme zur Zeit des Sonnenflecken-Maximums am grössten sei, [1]) Meldrum aber, dass auch die Cyklonen-Areas mit der Zunahme der Sonnenflecken regelmässig wachsen, [2]) so scheint der Satz nicht unbegründet zu sein, dass zu Zeiten grosser Fleckenmenge auf der Sonne die Zahl der in China, dem Indischen Ocean und Westindien vorkommenden Cyklone am grössten, sowie ihre Intensität am bedeutendsten ist. Wenn dem aber so ist, so ist es auch leicht erklärlich, warum, wie dies Henry Jeula in England und Hunter in Ostindien gezeigt haben, auch die Anzahl der Schiffsbrüche gerade zur Zeit der Sonnenflecken-Maxima grösser als zur Zeit der Flecken-Minima ist. [3])

Fügen wir noch hinzu, dass, wie es nochmals Professor Fritz in Zürich dargethan, überdies noch eine gewisse Beziehung zwischen der Sonnenfleckenmenge und der Häufigkeit der Hagelschläge stattfindet, da die Jahre der häufigsten Hagelschläge wie 1817, 1830, 1838, 1848, 1860 ungefähr zugleich auch die Jahre der Sonnenflecken-Maxima 1817, 1829, 1837, 1849, 1860 gewesen waren. Auch das Jahr 1871, welches gerade ein Maximum der Sonnenflecken aufwies, zeichnete sich durch grössere Anzahl der Hagelschläge aus, wogegen die seltensten Hagelschläge gerade in den Jahren der Sonnenflecken-Minima, d. h. in den Jahren 1810, 1823, 1834, 1844, 1856 vorgekommen sind. [4]) Dr. Moffat will sogar eine periodische Zu- und Abnahme des Ozongehalts in der Luft, nebst einer ausdrücklichen Uebereinstimmung dieser Erscheinung mit den Maxima und Minima der Sonnenflecken entdeckt haben, [5]) was auch wirklich die Beobachtungen in Zwickau und Greiz bestätigen. [6])

Wie man nun sieht, verrathen alle meteorologischen Erscheinungen eine gewisse Abhängigkeit von den Ereignissen auf der Sonne und gelangt somit der Ausspruch Dr. F. G. Hahn's,

---

[1]) cf. Hahn, „Ueber die Beziehungen der Sonnenflecken-Periode etc.“ S. 109—119.

[2]) cf. J. Hann in Behm's „Jahrbuch“ (1878), S. 74.

[3]) s. „*Nature*“ Vol. 16, S. 456.

[4]) s. „Zeitschrift d. ö. G. f. M.“ Bd. XI, S. 352 und Fritz, „Die Beziehungen der Sonnenflecken etc.“, S. 148—160.

[5]) s. „*Nature*“ Vol. 12, S. 374.

[6]) cf. Fritz l. c. S. 239—240.

dass die Klimatologie dadurch zu interessantesten Objecten der kosmischen Physik erhoben wird, zur vollkommenen Geltung. [1])

Zieht man nach alledem diese so augenfällige Uebereinstimmung so zahlreicher und zugleich so mannigfaltiger meteorologischen Vorgänge auf der Erde mit den Erscheinungen in der Sonnen-Atmosphäre näher in Betracht, eine Uebereinstimmung, die uns wohl schon in der nächsten Zukunft, um mit den Worten

---

[1]) Anmerkung. Ginge es um die Erschöpfung aller Phänomene auf Erden, die mit den Sonnenflecken eine gleiche Periodicität aufzuweisen scheinen, so müssten wir noch hinzufügen, dass nach den Untersuchungen von Professor Fritz („Die Beziehungen der Sonnenflecken etc.“ S. 74—83), der die diesbezüglichen Zusammenstellungen von F. G. Hahn und Arthur Schuster (1877) vervollständigt und berichtigt, die Maxima der Sonnenflecken auch zugleich den Ertrag des Weinstockes begünstigen. Nach Arthur Schuster's und F. G. Hahn's Untersuchungen sollen hingegen die Jahre der reichlichsten Weinlese (resp. in Deutschland) stets fast vollkommen mit den Jahren der Sonnenflecken-Minima übereinstimmen (cf. „*Nature*“ Vol. 16, S. 45; „Zeitschrift d. ö. G. f. M.“ Bd. XII, S. 237 und F. G. Hahn, „Ueber die Beziehungen der Sonnenflecken-Periode etc.“ S. 153—155). Am überraschendsten gewiss ist aber die neulichst bemerkte Uebereinstimmung der Sonnenflecken-Periode mit den meisten Welthandelskrisen. Bereits vor 30—40 Jahren sind Hyde Clarke, Wilson und Danson in England mit der Behauptung aufgetreten, die Handelskrisen müssen einen physischen Grund haben. Es ist aber erst W. Stanley Jevons gegenwärtig gelungen, nach Vornahme längerer diesbezüglichen Forschungen den Beweis zu liefern, dass die bedeutendsten commerciellen Krisen mit den Sonnenflecken-Perioden in irgend einer Beziehung stehen müssen, da diese Krisen wirklich eine Periodicität von etwa $10^1/_2$ Jahren aufweisen und meist mit den Jahren der Sonnenflecken-Minima zusammenfallen. Die Jahre der bedeutendsten Handelskrisen waren nämlich folgende: 1711, 1721, 1731—32, 1763, 1772—73, 1783, 1793, 1815, 1825, 1836—39, 1847, 1857, 1866, 1878. Es ist aber nichts Wichtigeres, als gerade die Ursache dieser merkwürdigen Beziehung zwischen zweien dem ersten Anschein nach so heterogenen Erscheinungen, die noch heutzutage keineswegs mit aller Sicherheit angegeben werden kann. Während nämlich Jevons die Meinung vertritt, die meisten Handelskrisen — zumal die des laufenden Jahrhunderts — seien auf die Handelsbeziehungen Europas mit Indien und China zurückzuführen, wo jedesmal fast gleichzeitig die Jahre der Hungersnoth und der höchsten Getreidepreise gewesen, erklärt sich wiederum John Kemp dafür, was seinerzeit bereits W. Herschel, wiewohl resultatlos, festzustellen suchte, dass die Jahre der Sonnenfleken-Minima stets Missernte, und zwar insoweit nach sich ziehen dürfen, dass die Getreidekörner, insbesondere Weizen- und Gerstekörner, zu jener Zeit wahrscheinlich kleiner und somit leichter sind. (cf. „*Nature*“ Vol. 19, S. 33—37, 97—98 und 588—590.) Zwar will Dr. Emil Kluge (1863) entdeckt haben, dass auch die Häufigkeit der Erdbeben und Vulkanausbrüche in gewisser Beziehung zur Sonnenflecken-Periode steht, und zwar dass sie ein umgekehrtes Verhältniss zu der letzteren aufweist. Da aber ähnliche

N. Lockyer's zu sagen, mit der *„power of prediction, that power which would be the most useful one in meteology“* [1]) wird ausstatten dürfen, so ist man allerdings weit entfernt, anzunehmen, dass zwei gänzlich unabhängige Ursachen mit im Spiele seien, die sowohl auf der Erde als auch auf der Sonne zu gleicher Zeit und mit derselben Periodicität Phänomene, die sonst in keinem Zusammenhang mit einander ständen, hervorrufen könnten. Im Gegentheil ist die Folgerung viel näher, dass die Erde, in so mancher Beziehung unbedingt von der Sonne abhängig, auch speciell in ihren meteorologischen Erscheinungen dem Einflusse verwandter Vorgänge auf der Sonne unterworfen ist. Bekanntlich, bemerkt darüber Balfour Stewart, [2]) unterscheiden wir auf der Erde zwei Hauptperioden der meteorologischen Veränderungen. Eine derselben ist durch die Veränderungen der scheinbaren Lage der Sonne am Himmel in Folge der Erdrotation verursacht und ihre Dauer beträgt einen Tag. Die andere hängt von ähnlichen durch die Erdrevolution verursachten Veränderungen der scheinbaren Stellung der Sonne am Himmel ab und ihre Dauer ist wiederum ein Jahr. Wäre die Sonne

---

Untersuchungen Poey's zu einem negativen Resultate geführt haben (s. Fritz, „Die Beziehungen der Sonnenflecken etc.“ S. 241), und da es andererseits wiederum eine hinlänglich ausgemachte Sache ist, dass die Erdbeben und vulkanische Eruptionen grösstentheils gerade zur Zeit der Barometer-Depression und des regnerischen Wetters stattfinden, die letzteren aber gerade zur Zeit der Sonnenflecken-Maxima häufiger vorkommen (cf. des Verfassers „Die Wirkungen der Winde auf die Gestaltung der Erdoberfläche“, 48. Ergänzungsheft zu Petermann's „Mittheilungen“, S. 51—52), so ist vorderhand dem Ausspruch Kluge's kein Gewicht beizulegen. Dagegen würde sich wiederum aus den Fritz'schen Zusammenstellungen der neu erschienenen Sterne ergeben, dass „neue Sterne durchweg in Zeiten hoher Fleckenstände erscheinen“. Desgleichen würde laut der Bruhns'schen statistischen Zusammenstellung der kleinen, nicht periodisch wiederkehrenden Kometen sogar eine Beziehung zwischen dem Erscheinen der Kometen und der elfjährigen Periode der Sonnenflecken bestehen, indem in den Jahren der Sonnenflecken-Minima auffällig wenig Kometen sichtbar gewesen. Erwähnenswerth ist es endlich, dass mit der Fleckenbildung auch gewisse periodische Veränderungen an der Sonne selbst verbunden zu sein scheinen, wie namentlich, dass dann der Sonnendurchmesser geringer und die Corona weniger hell, dagegen aber die Protuberanzen stärker und häufiger werden (cf. Hahn, „Ueber die Beziehungen der Sonnenflecken-Periode etc.“ S. 178; Fritz, „Die Beziehungen der Sonnenflecken etc.“, S. 243—245).

[1]) *„Solar-Physics“* (London 1872), S. 423.

[2]) s. *„Nature“* Vol. 16 (1877), S. 461.

selbst ein wesentlich unveränderlicher Himmelskörper, so hätten wir natürlich keinen Grund mehr, noch von irgend einer dritten Periode meteorologischer Veränderungen auf der Erde zu sprechen; ist sie dagegen ein in ihrer Energie veränderlicher Stern, so muss freilich noch eine fernere, entsprechende Variation in terrestrischer Meteorologie angenommen werden. Nun wissen wir, dass die Sonne wirklich ein variabler Factor ist, da in gewissen Perioden ihre Scheibe gänzlich oder fast gänzlich fleckenfrei, zu einer anderen Zeit aber von Flecken gleichsam übersäet ist. Diese Abnahme einer- und Zunahme der Sonnenflecken andererseits ist aber nach der einhelligen Ansicht sämmtlicher Astrophysiker wohl ein Zeugniss der periodischen Ab- und Zunahme der solaren Energie, mit der naturgemäss auch eine ähnliche Ab- und Zunahme der terrestrischen Energie Hand in Hand gehen muss, und dies ist auch im allgemeinen der Grund, warum z. B. die Jahre der Sonnenflecken-Minima zugleich auch Jahre der meisten Missernten und somit der Hungersnoth, die Jahre aber der Sonnenflecken-Maxima, also der grössten Activität der Sonne, zugleich auch Jahre der zahlreichsten Orkane und Schiffsbrüche sind.

Umsoweniger können wir den hier angedeuteten Nexus zwischen den meteorologischen Erscheinungen auf der Erde und denjenigen auf der Sonne bezweifeln nach den Ergebnissen, zu denen die amerikanischen Astronomen L. Trouvelot und S. P. Langley gelangt sind. Der erste [1]) will bemerkt haben, dass die sogenannte Granulation der Sonne eigentlich durch nichts anderes entsteht, als in Folge der Bedeckung der Sonnenflecken durch die Chromosphäre — der Sonnenflecken, die bekanntlich trichterartige Vertiefung in der Photosphäre sind, und dass die Chromosphäre, die übrigens eine verhältnissmässig sehr dünne Schichte bildet, beständig ihre Mächtigkeit verändert, so dass einmal ihre Mächtigkeit sich nur unter dem Winkel von 15 Bogensecunden, ein anderesmal unter dem Winkel von blos 10'' darstellt. Die Abnahme ihrer Mächtigkeit soll aber nach Trouvelot davon herrühren, dass zur Zeit der Bildung einer grösseren Anzahl von umfangreicheren Sonnenflecken die Gase der Chromosphäre plötzlich gleich ungeheuer grossen Cascaden

[1]) s. „*On the veiled Solar-spots*“ in „*The American Journal of Sciences and arts*“, März 1876, S. 169—176.

durch die in der Photosphäre gebildeten Oeffnungen in das Sonneninnere hinabstürzen. Langley, der denselben Umstand hervorhebt, berechnete noch überdies, dass die Chromosphäre im Durchschnitt etwa die Hälfte der Sonnenwärme aufzuhalten im Stande sein soll, und hat damit auch dargethan, dass die Zunahme der Mächtigkeit der Chromosphäre nicht ohne Einfluss auf die Temperatur der Luft auf der Erde sein kann, da dann auch die Absorption der von der Sonne strahlenden Wärme durch die Chromosphäre sich bedeutend steigert, und zwar derart, dass z. B. die Zunnahme dieser Absorption um 25% bereits eine Erniedrigung der Lufttemperatur auf der Erde um etwa 100° Fahr. verursachen müsste.[1]) Ist dem aber wirklich so, d. h. ist die Chromosphäre zur Zeit des Sonnenflecken-Maximums gerade am dünnsten, zur Zeit des Sonnenflecken-Minimums jedoch am dicksten, so hätten wir in diesem hochwichtigen Umstande den gerade so sehr erwünschten Schlüssel, um uns die periodischen Veränderungen, denen insbesondere die Wärme unserer Luft und die Menge der atmosphärischen Niederschläge unterliegen, erklären zu können.

Nach dem eben Gesagten würden sich auch die häufigsten Cirruswolken, Mond- und Sonnenhöfe, sowie die zahlreicheren Hagelschläge zur Zeit des Sonnenflecken-Maximums mit ungefährer Wahrscheinlichkeit erklären lassen. Die aus feinen Eisnädelchen bestehenden, in einer Höhe von über 20.000 Fuss schwebenden Cirruswolken können nämlich einfach als ein Product der in den Jahren der Flecken-Maxima stärkeren, heftigeren Steigewinde *(courants ascendants)* und somit auch als Ursache der zahlreicheren Mond- und Sonnenhöfe, die ja geradezu durch Eisnädelchen der Cirruswolken bedingt sind, betrachtet werden. Ebenso auch die zahlreicheren Hagelfälle — insoweit man freilich in dieser noch offenen meteorologischen Frage vermuthen darf —, würden wohl auch zum Theil in heftigeren, localen Steigewinden, zum Theil aber im heftigeren Eindringen oberer, kalter Luftschichten ihren Grund haben. Mit einem Worte würden sowohl die zahlreicheren Cirruswolken als auch die grössere Häufigkeit der Hagelfälle in den Jahren der Sonnenflecken-Maxima ganz so, wie die

---

[1]) s. „Naturforscher“ (1876), S. 97—99.

grössere Geschwindigkeit und Stärke der Winde überhaupt und die grössere Anzahl der Cyklone insbesondere, sowie endlich die grössere Niederschlagsmenge, ein directes Zeugniss von der potenzirten Energie der Sonne abgeben.

Wie lässt sich aber der räthselhafte Zusammenhang zwischen den Sonnenflecken und den übrigen, oben erwähnten meteorologischen Erscheinungen, namentlich den Oscillationen der magnetischen Declinationsnadel, den Nordlichtern und den Orkanen erklären? Unseres Wissens versuchte erst Professor Balfour Stewart zum ersten Male die gegenseitige Beziehung und Abhängigkeit dieser Erscheinungen zu erörtern. Er äussert sich darüber mehr weniger, wie folgt: [1]) Wir wissen, dass die polaren und äquatorialen Luftströmungen einfach eine Folge der ungleichen Wärmevertheilung auf der Erde sind; wir wissen auch, dass die Zone der Windstille und der Passate und somit auch die polaren und äquatorialen Grenzen der Antipassate im Laufe eines Jahres gewissen, und zwar ganz Hand in Hand mit den scheinbaren Veränderungen der Stellung der Sonne gehenden Abweichungen unterliegen, so dass in Folge dessen die polaren und äquatorialen Luftströmungen wirklich in ihrem Verlaufe eine jährliche Periode aufweisen. Es ist auf ähnliche Weise leicht erklärlich, dass sie ausserdem auch eine tägliche Periode besitzen müssen; wenigstens ist es bekannt, dass die Passate Nachts an ihrer Geschwindigkeit und Stärke verlieren, was wiederum nicht ohne Einfluss auf die Abnahme der Geschwindigkeit und Stärke der Antipassate zu derselben Zeit sein kann. Wir wissen endlich, dass die Erde ein Magnet, dass die verdünnte Luft ein vorzüglicher Elektricitätsleiter ist und die elektrischen Ströme für die Erscheinungen des Erdmagnetismus keineswegs gleichgültig sind. Nun sind die Antipassate, die mit sich eine warme und feuchte und somit verdünnte Luft führen, für gute Elektricitätsleiter anzusehen. Da sie aber eine tägliche Periode haben, so muss auch ihr Einfluss auf den Erdmagnetismus eine gewisse tägliche Periodicität aufweisen. Ebenso, um an diesem Orte die betreffende Theorie J. R. Mayer's [2]) hinzuzufügen, müssen auch die im Laufe des Jahres vor sich gehenden Veränderungen in der Lage des meteorologischen Aequators den gleichzeitigen Ver-

[1]) s. „*Opening Address*“ in der „*Nature*“ Vol. 12 (1875), S. 348—349.

[2]) „Mechanik der Wärme“ (Stuttgart 1874) S. 313—315.

änderungen, denen die magnetischen Erdpole und die Declinationsnadel unterliegen, vollkommen entsprechen. Allein, fährt B. Stewart fort, neben den regulär wehenden, eben erst erwähnten Luftströmungen ereignen sich, wie bekannt, von Zeit zu Zeit plötzliche Störungen der Erdatmosphäre, die sogenannten Cyklone oder Orkane. Diese sind zwar keine periodische Erscheinung, die Zu- und Abnahme ihrer Anzahl aber hängt wiederum ganz unbedingt vom Maximum und vom Minimum der Sonnenflecken ab. Wenn somit die Störungen des Erdmagnetismus zur Zeit der Sonnenflecken-Maxima am bedeutendsten sind, so darf man sie wahrscheinlich nicht dem unmittelbaren Einfluss der Sonnenflecken zuschreiben, als vielmehr den grössten Störungen der Erd-Atmosphäre, die gerade zu jener Zeit sich fühlbar machen, und die gerade, wie dies die periodische Ab- und Zunahme ihrer Anzahl beweist, mit grösster Wahrscheinlichkeit unmittelbar von periodischen Störungen der Sonnen-Atmosphäre abhängen. [1])

Auf diese Weise würde nun einerseits die elfjährige Schwankung der Lufttemperatur und der Menge der atmosphärischen Niederschläge die Folge einer eben so langen Periode in der Zu- und Abnahme der Dicke der Sonnenchromosphäre sein, andererseits wiederum hätte die je 11 Jahre sich wiederholende, grössere Energie der Stürme in unserer Atmosphäre ihren Grund in den Sonnenflecken und würde nun selbst auf eine ebenfalls elfjährige Periode in den Erscheinungen des Erdmagnetismus ihren Einfluss ausüben.

Ohne Zweifel kann man der Theorie von Balfour Stewart einen sogar bedeutenden Anschein der Wahrscheinlichkeit und gewisse Ueberzeugungskraft nicht absprechen. Und doch übt, wie es scheint, die Sonne, als ein ähnlicher Magnet aufgefasst wie die Erde, auch unmittelbar durch Induction ihren Einfluss auf den Erdmagnetismus. Nach F. Zöllner sollen gerade die Störungen

---

[1]) Dies ist freilich eine mehr überzeugende Erklärung, als diejenige von Archibald und Hill, die da meinen, dass die Orkane deswegen zur Zeit der Sonnenflecken-Maxima ihr Maximum erreichen, weil zu jener Zeit angeblich die Winde überhaupt schwächer sein (was aber mit den Beobachtungen von Hornstein, Baxendell, Rühlmann etc. gerade im Widerspruch steht) und somit die Bildung der localen Areale der Condensation und des Niederschlags, sowie auch die Bildung der Cyklone (entsprechend der Theorie Blanford's und Eliot's über die Bildung der Cyklone) begünstigen sollen (cf. „*Nature*“ Vol. 17, S. 505).

der inneren Massen der Sonne jener Factor sein, der die magnetischen Strömungen im Sonnenkörper verursacht, die letzteren aber durch Induction ähnliche magnetische Strömungen auf der Erde hervorrufen. Auf diese Weise wäre mit dem termischen auch der magnetische Einfluss der Sonne auf die Erde eng verbunden und somit liesse sich auch der Synchronismus zwischen den Sonnenflecken-Maxima und den Maxima der magnetischen Abweichungen auf der Erde leicht erklären. [1]) Nach Cornu kann sogar das in der Sonnen-Photosphäre sich befindende Eisen den Erdmagnetismus etwa auf dieselbe Weise beeinflussen, wie das in der Erde vorkommende Eisen wiederum auf die Magnetnadel unmittelbar einwirkt —, zumal, wenn es sich bewahrheitet, was Tacchini und Cornu behaupten, dass die Protuberanzen, die, wie es oben gesagt wurde, in so unleugbarer Beziehung zu gewissen magnetischen Erscheinungen auf der Erde stehen, zum grossen Theile gerade nichts anderes als ungemein schnelle Bewegungen der magnetischen Massen in der Sonnen-Atmosphäre sind. [2]) Uebrigens lassen sich in der täglichen Oscillation der magnetischen Declinationsnadel bereits im Laufe eines einzigen Jahres ausdrückliche Abweichungen feststellen — Abweichungen, die mit der Declination der Sonne vollkommen Hand in Hand zu gehen scheinen. Namentlich, wenn die Declination der Sonne eine nördliche ist, wird die Declinationsnadel mehr gegen Westen, wenn die erstere aber eine südliche ist, die letztere mehr gegen Osten abgelenkt. Und dieser Umstand würde wiederum beweisen, dass selbst eine Veränderung der gegenseitigen Neigung der magnetischen Achsen der Erde und der Sonne im Laufe des Jahres bereits verschiedene Inductionswirkungen von Seite des Sonnenmagnetismus auf die Erde hervorruft. Insbesondere scheint im Sommer der nördlichen Erdhemisphäre die inductive Wirkung des magnetischen Sonnennordpols auf die Erde stärker, im Winter dagegen stärker die inductive Wirkung des magnetischen Südpols der Sonne zu sein. So wenigstens erklärt Professor Langberg in Christiania die

[1]) „Ueber den Ursprung des Erdmagnetismus und die magnetischen Beziehungen der Weltkörper“ in d. Berichten über die Verhandlungen der k. sächs. Gesell. d. Wissenschaften zu Leipzig, Mathem.-phys. Classe, 23. Bd., 1871, S. 479—575.

[2]) cf. Guillemin, „*Le Ciel*“ S. 166 und „*Comptes rendus de l'Acad. a. Sciences à Paris*“, Februar 1878.

so sehr charakterischen Unterschiede in der täglichen Oscillation der Declinationsnadel im Laufe des Jahres. [1])

Beiweitem anders gestaltet sich die Aufgabe, wenn es sich ferner darum handelt, auf ähnliche Art irgend ein Gesetz festzustellen, dem der Einfluss des Mondes auf das Erdklima unterliegt. Für heute ist dies nämlich wohl noch mit so grossen Schwierigkeiten verbunden, dass, wie Mohn [2]) ganz richtig bemerkt, „die Witterungsvorzeichen, welche man den Phasen des Mondes etc. entnommen hat, noch keinen Platz in der praktischen Meteorologie finden können. Würde man nämlich gewissenhaft nachzählen, wie oft derartige Witterungsvorzeichen und Wetterpropheten trügen und wie oft sie zutreffen, dann würde man finden, dass jenes die Regel und dieses die Ausnahme ist". Und doch ist es wiederum fast eine Thatsache, dass, wie dies Kreil, Sabine, Broun, Airy und Lloyd dargethan haben, der Mond nicht ohne gewissen Einfluss auf den Erdmagnetismus ist, wiewohl dieser Einfluss lediglich ein mittelbarer, oder, wie ihn Zöllner benennt, [3]) ein dynamischer ist. Ebenfalls lässt es sich nicht läugnen, dass die Anziehungskraft des Mondes, verbunden mit derjenigen der Sonne ähnliche, periodische Fluth- und Ebbe-Phänomene in der Erd-Atmosphäre wie in den Gewässern der Oceane, somit also auch gewisse periodische Veränderungen im Luftdrucke hervorrufen muss. Zwar haben ebenso gut die Beobachtungen als auch theoretische Berechnungen gezeigt, dass die durch diesen Einfluss des Mondes verursachten Unterschiede im Barometerstande sehr gering sind — nach Laplace z. B. betragen sie sogar am Aequator nicht einmal 1 Millim. —; mit alledem waren E. Sabine in London 1847 und C. M. Elliot in Singapore 1852 doch im Stande, dieselben festzustellen, während die Franzosen Flaugergues und Bouvard und die Deutschen Schübler und Eisenlohr bereits viel früher (denn vor etwa 50 Jahren) bemerkt haben, dass der verhältnissmässig niedrigste Barometerstand zur Zeit des zweiten Octanten, der höchste dagegen im letzten Viertel stattfindet (wobei der Unterschied zwischen dem ersteren und dem letzteren Stande in Paris 1·77 Millim., in

[1]) s. „Zeitschrift d. ö. G. f. M." (1877) S. 17—28.

[2]) „Grundzüge der Meteorologie" (Berlin 1875) S. 292.

[3]) s. Zöllner a. a. O.

Viviers 1·44 Millim., in Karlsruhe 2·61 Millim. betrug) und wiederum zur Zeit des Perigäums niedriger als zur Zeit des Apogäums ist. Im Jahre 1868 ist ausserdem K. Zenger auf Grundlage von 238.000 Beobachtungen, die in Prag von 1840 bis 1866 vorgenommen wurden, zu der Ueberzeugung gekommen, dass das Maximum des Luftdruckes in unseren geographischen Breiten in der Zeit der grössten Neigung der Mondbahn eintritt und dass die Periode der betreffenden Abweichungen $9^1/_4$ Jahre, d. h. gerade die Hälfte der Periode beträgt, in welcher die Knotenpunkte ihren ganzen Kreislauf vollenden. [1]) Auch die Mondphasen scheinen — wiewohl das Mondlicht selbst am Vollmond circa 300.000mal schwächer als das Sonnenlicht ist — nicht ohne einen Einfluss auf gewisse meteorologische Erscheinungen auf der Erde und insbesondere auf die Temperatur unserer Luft zu sein. Dies haben zuerst Mädler und Park Harrison, nach ihnen aber Zenger und Balfour Stewart dargelegt, nachdem sie sich überzeugt hatten — zumal die beiden Letzteren —, dass das Maximum der Tagestemperatur der Luft um den Neumond, das Minimum aber um den Vollmond eintreten, und dass dieser Einfluss der Mondphasen wiederum viel deutlicher im Winter — nach Zenger 6mal mächtiger — als im Sommer sich kundgiebt. [2]) Auch Buys-Ballot hat, gestützt auf die aus 114 Jahren gesammelten Beobachtungen in Holland, gefunden, dass die Lufttemperatur zur Zeit der grössten nördlichen Declination des Mondes um $0·11^0$ R. höher als die normale und wiederum zu derselben Zeit während des Vollmondes um $0·09^0$ R. höher als während des Neumondes ist. [3]) Schübler und Eisenlohr, die, wie gesagt, den Einfluss des Mondes auf den Barometerstand untersuchten, haben gleichzeitig bemerkt, dass auch die Winde und die Niederschlagsmenge in einem gewissen Grade den Mondphasen Rechnung zu tragen scheinen. Sie haben sich nämlich überzeugt, dass in Norddeutschland die Nord- und Ostwinde am häufigsten zur Zeit zwischen dem letzten Viertel und

---

[1]) s. Studer, „Lehrb. der physikal. Geographie und Geologie" I, S. 38; Pillar, „Beitrag zur Frage über die Ursache der Eiszeiten" (Agram 1876) S. 36—37.

[2]) Pillar l. c. und B. Stewart in d. „*Nature*" Vol. 16, S. 47, wobei er hinzufügt, dass dieselben Mondphasen im Winter auch auf gewisse Abweichungen in den Oscillationen der Declinationsnadel einwirken.

[3]) Müller „Kosmische Physik" S. 639.

dem Neumond vorherrschen, am seltensten aber zur Zeit des Vollmondes eintreten, während wiederum die Süd- und Westwinde zur Zeit zwischen dem ersten Viertel und dem Vollmonde überwiegen. Gleichfalls will man gefunden haben, dass auch das Maximum der Bewölkung des Himmels zur Zeit des Vollmondes, das Minimum aber gegen das letzte Viertel einzutreten pflegt, und dass ebenfalls die Anzahl der Regentage und die Niederschlagsmenge um das erste Viertel grösser als zur Zeit des letzten Viertels sind. In Augsburg z. B. fand man, dass die Anzahl der Regentage zur Zeit des zweiten Octanten sich zur Anzahl der Regentage während des letzten Viertels verhält wie 97 : 76, die Niederschlagsmengen aber in denselben Zeitperioden wie 301 zu 221 . . . .[1]) Wie dem aber auch sei, dies sind Beobachtungen, die, wie man leicht einsehen kann, erst den Werth eines fragmentarischen Materials darbieten, auf dem sich auch gar nichts Positives aufbauen lässt, so dass demnach die Einflüsse des Mondes auf die klimatischen Zustände der Erde wohl noch für lange ein nicht bestimmt definirbares Object der Meteorologie werden bleiben müssen.

Irren wir nicht, so würden die obigen Daten mehr weniger alles erschöpfen, was bis heutzutage über die Abhängigkeit des irdischen Klimas von den kosmischen Bedingungen und über dessen periodische Veränderlichkeit, inwieweit die letztere gerade mit ähnlicher Periodicität der Veränderungen der kosmischen Bedingungen Hand in Hand geht, gesagt werden kann.

B. Veränderlichkeit der tellurischen Bedingungen des irdischen Klimas.

Unterliegt das irdische Klima, wie wir dies im vorhergehenden Abrisse gesehen, gewissen periodischen Veränderungen in Folge gewisser kosmischen Einflüsse auch ohne Rücksicht auf die localen Bedingungen einzelner Gegenden, so unterliegt es andererseits, abgesehen wiederum von den kosmischen Bedingungen desselben, den Veränderungen einer anderen Art, und zwar den nichtperiodischen einfach aus

---

[1]) s. Müller l. c., Studer l. c. S. 39—40., C. Flammarion „*Astronomie populaire*" (Paris 1880) „*La Lune*" S. 226.

dem Grunde, dass seine tellurischen Bedingungen nicht einmal einen Augenblick lang unveränderlich bleiben. Zu den wichtigsten tellurischen Bedingungen des Klimas zählen wir aber nebst der geographischen Breite und Länge: die Höhe der Gebirge, die das Nachbarland bald vor kalten Winden schützen, bald wiederum den feuchten Winden den Weg absperren und auf diese Weise das betreffende Land einer bedeutenden Menge derjenigen Niederschläge berauben, welche ihm diese Winde hätten bringen müssen, wenn gerade keine Gebirge vorhanden wären; ferner die grössere und geringere Erhebung einzelner Länder über das Meeresniveau oder aber ihre Depression unter das letztere — Umstände, die wiederum einen sehr bedeutenden Einfluss vor allem auf die mittlere Jahrestemperatur der betreffenden Gebiete ausüben; dann die Nachbarschaft gewisser Länder mit grösseren Seen, Flüssen, Sümpfen, Meeren oder Waldungen, ohne deren die betreffenden Gegenden vor allem entweder eine geringere oder weniger regulär im Laufe des Jahres vertheilte Niederschlagsmenge besitzen würden; endlich die Vertheilung des Festen und des Flüssigen auf der Erde, welche Vertheilung bekanntlich nicht nur fähig ist, auf die Abweichung der Winde von ihrer normalen Richtung (ein Beispiel hierfür sind die Monsune) den Einfluss auszuüben, sondern überdies noch, wie wir dies bei anderer Gelegenheit dargethan haben, [1]) ihren ursprünglichen Charakter sogar wesentlich zu modificiren.

Nun kann keine dieser tellurischen Bedingungen des Klimas constant und unveränderlich genannt werden; alle im Gegentheile sind variabel. Es ist nämlich in der Geologie kein Geheimniss mehr, dass in längeren Zeiträumen die Flüsse ihren Lauf und ihre Mündungen verändern, während die Seen und Sümpfe in einer Erdgegend nach und nach austrocknen und dafür in einer anderen sich neue bilden können, dass die Gebirge an einem Orte fortwährend niedriger werden durch den Verlust des Materials, aus dem sie aufgebaut sind, unter der erodirenden Wirkung der Niederschläge und der fliessenden Gewässer, an einem anderen Orte aber ganze Ketten derselben

---

[1]) s. des Verfassers „Die Wirkungen der Winde auf die Gestaltung der Erdoberfläche“ 48. Ergänzungsheft zu Petermann's „Mittheilungen“ S. 6—7.

von neuem sich aufthürmen, dank den unterirdischen Kräften, die überdies noch verursachen, dass in gewissen Gegenden ganze Theile der Erdoberfläche sich heben oder neue Areale des Festlandes aus dem Meere auftauchen, dagegen anderwärts die Erdoberfläche in seculärer Senkung begriffen ist. In keinem geringeren Grade verändern sich die Oberfläche und die Conturen der Continente und der Oceane in Folge der mechanischen Wirkung der hier die Festlandsküsten wegschwemmenden und erodirenden, dort wiederum aus den daraus entstandenen Trümmergesteinen aufbauenden Meereswellen — was alles ebenso mächtig die Windrichtung, das System der Meeresströmungen oder aber die Vertheilung der Wärme, der Feuchtigkeit und der Niederschläge beeinflusst, als andererseits verursacht, dass die letzteren eine fortwährende, wenngleich sehr allmäliche Veränderung erleiden, die aber um so schwieriger zum Feststellen und Berechnen ist, als dass es uns in dieser Beziehung noch bis zur Stunde sowohl an unfehlbaren Messinstrumenten, als auch an den aus längeren Zeiträumen herrührenden Daten, die zusammengestellt und miteinander verglichen werden könnten, mangelt.

Und doch, was für einen ungeheueren Einfluss übt auch der Mensch selbst auf das Klima und auf dessen Veränderungen aus! Indem er die Städte baut, trägt er *eo ipso* zur Erhöhung der Lufttemperatur im Bereich ihrer Mauern um 1° oder 2° C. im Vergleich zur Lufttemperatur der nächstgelegenen offenen Gegenden bei. Indem er ganze Landstrecken bewässert oder aber trocken legt, modificirt er mehr oder weniger entschieden die Vertheilung und die jährliche Menge der Niederschläge in betreffenden Gebieten oder aber bessert das locale Klima in hygienischer Hinsicht. Es genügt uns diesbezüglich auf die bereits hundertjährige Erfahrung in der Lombardei hinzuweisen, wo das Bewässerungs-System zur Vergrösserung der Niederschlagsmenge so sehr beigetragen, oder auf die Anpflanzungen des *Eucalyptus globulus* in Algerien, auf die Trockenlegung der toscanischen Sümpfe und auf die Bewaldung des morastigen Bodens von Sologne, wo in Folge dessen die Luft von ihren tödtenden Miasmen bedeutend gereinigt und der Gesundheitszustand der Bewohner schon in hohem Grade gebessert wurden.[1]) Und

[1]) cf. El. Reclus, „*La Terre*" II, S. 731 ffg.

doch sind diese hie und da durch den Menschen verursachten Veränderungen des Klimas noch sehr unbedeutend in Anbetracht derjenigen Umwandlungen, die der Mensch in klimatischen Verhältnissen einzelner Länder schon hervorgerufen und noch immerfort hervorruft in Folge der Ausrodung ganzer Waldreviere.

Die Wälder spielen aber unstreitig eine der wichtigsten, wiewohl noch immer nicht hoch genug gewürdigte, klimatologische Rolle. Die Waldluft besitzt nämlich stets unter sonst gleichen Bedingungen eine etwas niedrigere Temperatur als die Luft der offenen Felder und weist auch zugleich geringere Oscillationen der Tages- und der Jahreswärme auf. Grosse Wälder verhalten sich somit fast ganz so, wie die Meere oder grössere Seen, d. h. sie mildern die Temperatur-Unterschiede überhaupt und machen das Klima in dieser Hinsicht gemässigter. Ueberdies ist die relative Feuchtigkeit der Luft im Walde grösser als ausserhalb des Waldes, so dass in Folge dessen auch die Verdunstung des Wassers in bewaldeten Gegenden bedeutend schwächer als auf waldlosen Fluren ist. Durch den höheren Feuchtigkeits- und den niedrigeren Temperaturgrad der Luft sich auszeichnend, weisen denn auch die Wälder häufigere atmosphärische Niederschläge als die offenen Felder auf, da sie den Wasserdampf der durch sie strömenden Luft gerade mit grösserer Leichtigkeit condensiren. Endlich durchsickert das atmosphärische Wasser den Waldboden viel langsamer und tiefer und speist somit die unterirdischen Wasser-Reservoirs und in der Folge die Bäche und Ströme viel regulärer als den Boden waldloser Gegenden, wo die raschere Verdunstung des gefallenen atmosphärischen Wassers und sein leichterer Abfluss über der nackten Erdoberfläche gerade dem Regenwasser nicht gestattet, tiefer in das Erdinnere zu dringen und die dortigen Wasserbehälter zu speisen.

Es wird, wie wir glauben, keineswegs überflüssig sein, aus Rücksicht auf die Wichtigkeit des berührten Gegenstandes, die eben erst in der Kürze angedeutete klimatische Bedeutung der Wälder mit Hilfe der Ergebnisse, zu denen die Beobachtungen in den neulich gegründeten forstlich-meteorologischen Stationen in Bayern geführt haben, näher zu erörtern und sie, wenn auch nur mit einigen charakteristischeren Beispielen zu begründen und zu illustriren.

Will man die Rolle der Wälder in der Natur gehörig würdigen, so ist es nothwendig, sie aus zwei Gesichtspunkten in's Auge zu fassen, aus keinem anderen Grunde, als nur aus dem, dass sie selbst doppelartig ist. Die Wirkung des Waldes ist nämlich einerseits rein mechanisch, andererseits klimatisch, wiewohl die eine und die andere Wirkung ganz gleichzeitig vor sich gehen und mit einander unzertrennlich verbunden sind.

Die mechanische Wirkung der Wälder beruht auf dem Aufhalten und auf der Abschwächung der Winde einer-, andererseits aber auf dem Dienst, der in Bezug auf die termischen und hydrologischen Bedingungen der bewaldeten Gegenden von den Baumkronen, d. h. von den Zweigen und Blättern geleistet wird, sowie von der Waldstreu, die aus Moosen und abgefallenen Blättern und Zweigen zusammengesetzt ist, welche letzteren, in den Zustand der Verwesung übergehend, den natürlichen Dünger der Wälder bilden und zugleich die Dicke ihrer Humusschichten stets vergrössern. Der Dienst aber, den die Baumkronen leisten, besteht in nichts anderem, als im Aufhalten, sei es der Sonnenstrahlen, sei es wiederum der atmosphärischen Niederschläge, wodurch die ersteren den Waldboden viel schwächer erwärmen, als den Boden der benachbarten offenen Felder, die anderen aber, d. h. die Niederschläge, viel langsamer den Boden im Walde erreichen, da, wie dies bereits die tägliche Erfahrung lehrt, die von den Blättern und Zweigen hinabfallenden Wassertropfen noch lange nach dem Aufhören des Regens dem Waldboden die Feuchtigkeit zuführen. In letzterer Hinsicht sind die Wälder fürwahr eine Decke merkwürdiger Art. Während nämlich der Regen auf waldlosen Fluren stets gewaltiger und stärker ist, die hinabfallenden Regentropfen aber sehr schnell die Poren der oberen Bodenschichten ausfüllen und aus diesem Grunde sich rascher auf der Erdoberfläche sammeln, als sie fähig sind, tiefer in die Erde durchzusickern, und in diesem Zustande gezwungen sind, sich allsogleich einen Abfluss zu suchen, so verhält sich die Sache gerade umgekehrt im Walde, wo der Boden, und zwar in warmer Jahreshälfte, anstatt plötzlich, aber nur an der Oberfläche vom Regen genässt zu werden, gerade, dank seiner blätterigen Decke, durch längere Zeit und bis zu

einer bedeutend grösseren Tiefe vom Regenwasser getränkt wird, in der kalten Jahreshälfte aber, vorzugsweise im Frühjahr, wiederum länger sein Schneegewand behält und dasselbe viel langsamer verliert, als die nächsten unbewaldeten, d. h. einer gänzlich ungehinderten Wirkung der Sonnenstrahlen ausgesetzten Gegenden, in Folge dessen das aus dem thauenden Schnee sich bildende Wasser mitten in den Wäldern wiederum in grösserer Menge in den Boden eindringen kann, als auf den benachbarten offenen Feldern, wo die Sonnenwärme nur zu oft den Schnee so rasch zum Schmelzen bringt, dass der grössere Theil des dadurch sich ansammelnden Wassers wohl erst einen Abfluss in der Gestalt der reissend angeschwollenen Bäche und Flüsse suchen muss. Wenn man also an einigen Flüssen, wie z. B. an der Wolga, bemerkt hat, dass nach der Ausrodung der Wälder in den Gegenden des oberen und des mittleren Laufes dieses Stromes die Frühjahrs-Ueberschwemmungen sowohl früher eintreten, als auch grössere Dimensionen als sonst annehmen, [1]) so erklärt sich dies auf keine andere Art, als nur dadurch, dass die während des Winters daselbst niedergefallenen Schneemassen gegenwärtig viel früher und rascher im Frühjahr schmelzen, da sie jetzt auf einem waldentblössten Boden liegen.

Umsomehr noch erschwert den Abfluss dem in Regenform niedergefallenen oder aus dem Schneeschmelzen entstandenen Wasser die obenerwähnte Waldstreu. Da nämlich die Waldstreu von Natur aus bedeutend weniger fest und dicht, als z. B. die oberen Schichten der Wiesen oder der bebauten Felder, d. h. mehr porös und locker ist, so ist sie schon dadurch in viel höherem Grade als die bebauten Felder oder Wiesen befähigt, einerseits den Wasserabfluss, zumal — wie in den Gebirgen — über einem abwärts geneigten, abschüssigen Boden aufzuhalten und zu verspäten, andererseits aber das niederfallende atmosphärische Wasser in sich aufzunehmen und zu behalten und in der Folge dasselbe in immer tiefer gelegene Erdschichten allmälich dringen zu lassen. Insbesondere sind wiederum in dieser Beziehung die Waldmoose von grösster Bedeutung. Wie dies nämlich Gerbig in Karlsruhe in der Abhandlung „Die wasserhaltende Kraft der Moose“ (1862) bewiesen, ist das Moos im Stande, bereits in einer

[1]) s. Müller „Kosmische Physik“ S. 717.

Minute ein Wasserquantum von sogar sechsmal grösserem Gewichte als das eigene in sich aufzunehmen und zu behalten, d. h. in sich eine 1—1½ Linien dicke Wasserschichte aufzunehmen, was auf einer Fläche von 1 □ Meile schon die ungeheuere Zahl von circa 60 Millionen Cubikfuss Wasser repräsentirt, [1]) so dass, während diese Wassermenge auf offenen Feldern zum grösseren Theil sich in Dampf verwandeln oder hinabfliessen müsste und in der That meistens verdunstet und hinabfliesst, sie dagegen mitten in den Wäldern stufenweise zu ihren unterirdischen Behältern durchsickert. Die Moose sind demnach ungefähr den Capillargefässchen oder Leitungscanälchen gleich, vermöge deren das Wasser tropfenweise von der Erdoberfläche in die Tiefen der Erde gelangt. Und dennoch, laut des Zeugnisses von Dr. Franz Baur (1869), sind es nicht allein die Moose, die jene ungemein wichtige Aufgabe im Haushalt der Natur erfüllen; die von den Nadelbäumen abgefallenen Nadeln sind nämlich auch im Stande, eine Wassermenge von 4- oder 5mal grösserem Gewichte als ihr eigenes, die abgefallenen Buchenblätter aber eine Wassermenge von sogar 7mal grösserem Gewichte in sich aufzunehmen. [2]) Auch E. Ebermayer, Professor in Aschaffenburg, erwähnt in seinem Werke: „Die gesammte Lehre von der Waldstreu" (Berlin 1876), unter anderen Ergebnissen der in bayerischen Wäldern gemachten Beobachtungen, dass bereits selbst die einjährige Streu im Buchenwalde fähig ist, auf einem Hektar 13·9 Hektoliter Wasser, im Fichtenwalde 5·41, im Kieferwalde 4·89 Hektoliter Wasser in sich aufzunehmen, während das Moos auf demselben Flächenraume, d. h. auf einem Hektar, sogar 44·66 Hektoliter in sich einzusaugen im Stande ist. [3]) Nach alledem ersieht man, dass die Waldstreu ganz ähnlich wirkt wie ein Schwamm, indem sie das ungeheure Wasserquantum in sich einsaugt, welches im entgegengesetzten Falle, d. h. beim Mangel der Waldstreu nicht blos in der Gestalt eines reissenden Baches in tiefer gelegene Ortschaften ganz unproductiv hinabfliessen müsste, sondern sogar mit augenscheinlichem Schaden für dieselben, und zwar deswegen, weil es

---

[1]) s. Löffelholz-Colberg, „Die Bedeutung und Wichtigkeit des Waldes" (Leipzig 1872) S. 127.

[2]) s. Löffelholz-Colberg l. c.

[3]) s. „Naturforscher" (1876) S. 122.

dann weggeschwommene Humusschichten, den Sand und die Gesteinstrümmer mitführen, um sie erst irgendwo auf fruchtbaren Feldern, die es von Zeit zu Zeit mit seinen Hochwasserwogen heimzusuchen pflegt, abzusetzen, oder etwa mit Schlamm und Gerölle den nächstgelegenen Fluss, in welchen es mündet, verunreinigen und auf diese Weise systematische und für die Schiffbarkeit des Flusses so sehr nachtheilige Verschlammung und Erhöhung des Flussbettes selbst verrichten würde.

Die mechanische Thätigkeit der Wälder beruht somit hauptsächlich, wie man daraus sieht, auf dem Aufnehmen des aus der Atmosphäre niederfallenden Wassers und auf dem Behalten desselben in möglichst grosser Menge und in der Folge auf dem Erleichtern seines Durchsickerns zu immer tiefer gelegenen Erdschichten. Wir werden uns überzeugen, dass nichts anderes auch die andere, d. h. klimatische Thätigkeit der Wälder bezweckt, welche übrigens einfach nur eine Folge der ersteren, nämlich der mechanischen Thätigkeit der Wälder ist. In dieser Beziehung wollen wir aber zuerst die Frage erörtern, inwiefern die Wälder auf die Temperatur und Feuchtigkeit der Luft, sowie auf die Niederschlagsmenge ihren Einfluss ausüben und hierauf wie beschaffen ihr Einfluss auf die Temperatur und die Feuchtigkeit des Bodens und somit auf den Reichthum der unterirdischen Wasserbehälter und auf den Wasserstand der Flüsse ist.

Die Antwort auf diese Fragen, die bis unlängst noch gezwungen war, ihre Argumente lediglich aus der Theorie zu schöpfen, ist heutzutage um so leichter und bestimmter, als dass ihr ungemein belehrende Experimente und Beobachtungen in den neulich gegründeten forstlich-meteorologischen Stationen in Bayern und nach dem Beispiel des letzteren Staates auch in Sachsen, Preussen, Elsass, Schweiz, Italien, Frankreich, Böhmen und Russland zu Gebote stehen.

Was nun die Temperatur der Luft anbelangt, hat es sich gezeigt, dass die mittlere Jahrestemperatur der Luft im Walde etwas niedriger als diejenige auf dem benachbarten offenen Felde, und zwar um $0{\cdot}78^0$ R. oder fast um $^3/_4{}^0$ R., d. h. um 10% niedriger ist. Der Grund davon liegt darin, dass der Boden, von dem hauptsächlich die Luft vermöge der Leitung erwärmt wird, im Schatten der Bäume im Walde keineswegs

in dem Grade von der Sonne erwärmt wird, wie auf den waldlosen, nächstgelegenen Fluren. Natürlich tritt dieser Einfluss des Waldes auf die Erniedrigung der Lufttemperatur nicht in allen Jahreszeiten im gleichen Maasse auf, da auch die Wirkung der Sonnenstrahlen und der Grad der Beschattung im Walde nicht in jeder Jahreszeit gleich sind. Im Herbst z. B. besitzt die Waldluft, und zwar während des Tags, eine um 0·45° R. niedrigere Temperatur als die Luft der benachbarten offenen Gegenden; im Winter wird der Unterschied zwischen den Tagestemperaturen dieser beiden Oertlichkeiten noch geringer; dagegen im Frühjahr erleidet die Tagestemperatur der Waldluft eine Erniedrigung um etwa 1·02° R. und zwar wiederum eine bedeutendere Erniedrigung in den Nadelwäldern als in den Laubwäldern, deren Bäume erst im Monate April oder Mai sich belauben. Im Sommer erreicht diese Erniedrigung der Tagestemperatur der Waldluft ihr Maximum, denn die Lufttemperatur der unbewaldeten Oertlichkeiten ist damals um 1·68° R. höher als die Lufttemperatur im benachbarten Walde. Die letztere Erscheinung ist aber nicht allein dem Aufhalten der Sonnenstrahlen durch die Baumkronen im Walde, sondern auch dem wichtigen Umstande zuzuschreiben, dass während der warmen Jahreshälfte (vom Anfang Mai bis Ende October) sehr viel Wasser wegen der erwachten Vegetation aus den Bäumen verdunstet und dieser Verdunstungsprocess wiederum auf Kosten der Wärme vor sich geht. Anders verhält sich die Sache mit der Lufttemperatur im Walde und derjenigen der nächstgelegenen offenen Felder in einzelnen Jahreszeiten während der Nacht. Nachts leistet nämlich der Wald einen ganz ähnlichen Widerstand der Wärmestrahlung aus dem Boden, als er solchen während des Tages der Insolation entgegensetzt, während am offenen Felde die Wärmestrahlung aus dem Boden ohne irgend ein Hinderniss (ausgenommen die Wolken) vor sich gehen kann. Es hat sich denn auch aus diesem Grunde herausgestellt, dass die Waldluft in allen Jahreszeiten Nachts etwas wärmer ist als die Luft der benachbarten, waldlosen Gegenden, und zwar im Winter um 0·94° R., im Frühjahr um 0·42° R., im Sommer um 1·62° R. und im Herbst um 1·91° R. Die directe Folge dieses Einflusses der Wälder auf die Lufttemperatur in verschiedenen Jahres- und Tageszeiten und namentlich der Erniedrigung der

Lufttemperatur während des Tages und vorzugsweise in der warmen Jahreshälfte, der Erhöhung aber derselben Nachts in allen Jahreszeiten, ist ferner noch der Umstand, dass die täglichen Schwankungen der Luftwärme im Walde bedeutend geringer als auf dem nahegelegenen offenen Felde sind. In der kalten Jahreshälfte, d. h. vom Anfang November bis Ende April, hat sich die Oscillation der Tagestemperatur der Waldluft um $^1/_2{}^0$ R., die Oscillation der Nachttemperatur aber um 1^0 R. geringer, während der warmen Jahreshälfte dagegen die Schwankung der Tageswärme der Waldluft sogar um $2^1/_2{}^0$ R., der Nachttemperatur aber um $1{\cdot}6^0$ R. geringer gezeigt als dieselben Oscillationen der Lufttemperatur in den benachbarten unbewaldeten Oertlichkeiten. Endlich haben die absichtlich zu diesem Zwecke vorgenommenen Beobachtungen auch das merkwürdige Gesetz entdecken lassen, dass die Temperatur der Waldluft mit wachsender Höhe, d. h. mit zunehmender Erhebung über den Waldboden auch sich hebt, wiewohl sie stets selbst in der Höhe der Baumkronen etwas niedriger bleibt als auf dem benachbarten offenen Felde in entsprechender Höhe, d. h. circa 5 Fuss über dem Boden. Verhältnissmässig am niedrigsten ist sie wiederum im Sommer, und zwar um $0{\cdot}88^0$ R., während sie im Frühjahr blos um $0{\cdot}34^0$ R. und im Herbst und im Winter noch um einen noch geringeren Werth niedriger ist. [1])

Es ist nach dem Gesagten leicht verständlich, dass die Ausrodung grösserer Wald-Areale nicht nur die Temperatur der über der Erdoberfläche schwebenden Luftschichten, und zwar besonders im Sommer, und nicht allein auch die mittlere Jahrestemperatur der Luft um etwa $^3/_4{}^0$ R. in denselben Gegenden erhöhen, sondern, was noch von grösserer Wichtigkeit ist, auch grössere Schwankungen der Tagestemperatur der Luft im Laufe des ganzen Jahres hervorrufen muss. Die Entwaldung einer ausgedehnteren Gegend muss somit in der warmen Jahreshälfte die Erhöhung der höchsten Tagestemperatur noch um $2^1/_3{}^0$ R. oder, wie im Monate Juli, sogar um 3^0 R., in der kalten Jahreshälfte aber die Erniedrigung der niedrigsten Tagestemperatur noch fast um 1^0 R. bewirken, oder, was auf dasselbe heraus-

---

[1]) cf. Ebermayer „Die physikalischen Einwirkungen des Waldes auf Luft und Boden und seine klimatologische und hygienische Bedeutung“ (Aschaffenburg 1873) S. 83—118.

kommt, ein strengeres Klima in den betreffenden Gegenden verursachen. [1]) Es ist demnach kein Wunder, dass der Mensch, indem er die Wälder ausrodet, auch zugleich das Netz der isothermischen Linien, der Isotheren und Isochimenen stört und dieselben in ganz andere Richtungen als die früheren versetzt, d. h. er verursacht, dass, wie sich dies bereits in manchen Gegenden der Vereinigten Staaten fühlbar macht, die Schwankungen der Tagestemperatur im Laufe des Jahres heutzutage die früher unbekannte Grösse aufweisen und überdies sich noch im Eintreten einzelner Jahreszeiten immer deutlichere Verspätung, namentlich ungemein langes Anhalten der Fröste im Frühjahr, bemerken lässt, dass auf ähnliche Art in mehreren Gegenden von Schweden, wo in neuesten Zeiten grössere Waldreviere der Axt zum Opfer gefallen, der Frühling — nach dem Zeugnisse von Absjiönsen — gegenwärtig um 2 Wochen später als im vorhergehenden Jahrhundert beginnt, [2]) oder dass z. B. das Klima von Madrid, welches noch zu Zeiten Karl's V. angeblich sehr mild und aus diesem Grunde hoch gepriesen war, heutzutage inmitten des waldentblössten Landes wegen ebenso enormer als plötzlicher Temperatursprünge fast tödtlich geworden. [3]) Es ist nicht unwahrscheinlich, dass auch gewisse stürmische Winde, wie etwa die Bora und der Mistral, in Europa, wiewohl sie wohl ihren Grund im allgemeinen System der Winde haben und vorzugsweise eine mit den Europa heimsuchenden Orkanen eng verbundene Erscheinung sind, dennoch ihren heutigen, so gefahrvollen Charakter erst angenommen, als das Karstplateau und das Rhonethal sammt den umliegenden Gegenden ihre Waldbedeckung eingebüsst haben. In Folge dessen haben sich nämlich die genannten Ländergebiete einer rascheren und bedeutenderen Erwärmung im Sommer und einer ähnlichen Abkühlung im Winter ausgesetzt gefunden, wonach der Unterschied zwischen der Temperatur der über diesen Gegenden ausgebreiteten und der Temperatur der über den benachbarten Meeren schwebenden Luft bedeutend grösser geworden. Es ist nun aber wohl bekannt, dass über die Windstärke vor allem der grössere oder geringere Unterschied in den Temperaturen

---

[1]) s. Ebermayer l. c.

[2]) s. El. Reclus „*La Terre*“ II, S. 732.

[3]) s. El. Reclus „*Nouvelle géographie universelle*“ I, S. 690.

der Luft zweier Gegenden entscheidet, zwischen welchen gerade in Folge dieses Unterschiedes der Wind entsteht. Auf dieselbe Weise ist auch der Schluss leicht zu ziehen, dass erst in dem Masse als ganze Länderräume entwaldet wurden, die stürmischen Winde überhaupt ihre heutige Geschwindigkeit und Stärke gewonnen haben und insbesondere wiederum die Wirbelwinde häufiger geworden, da es ja ein unbestreitbares Factum ist, dass die Winde dieser letzteren Art gerade am heftigsten auf grossen, waldlosen Flächenräumen wüthen, die sich im Sommer leicht zu äusserst hoher Temperatur erwärmen. [1])

Indem wir einen Schritt weiter thun, können wir hinzufügen, dass die Wälder, indem sie das Klima mildern, auch nicht ohne Einfluss auf die Hagelschläge und Gewitter sein können. Wenigstens hat bereits Becquerel dargethan, dass die Hagelschläge in Frankreich gerade am häufigsten die bewaldeten Gegenden und die ihnen benachbarten Felder meiden, während wiederum Abich die Ursache der so häufigen Hagelschläge an südlichen Abhängen des Kaukasus gerade in der daselbst immer mehr um sich greifenden Ausrodung der Wälder findet. Aehnlich haben Petersen und Landolt festgestellt, dass in vielen Gegenden die früher daselbst unbekannten Hagelschläge erst nach der Ausrodung der Wälder zum Vorschein gekommen und dass die mehr bewalteten Gegenden viel weniger von den Hagelschlägen zu leiden haben, als diejenigen, die nur schwach bewaldet sind. Und in der That, wenn, wie dies die Meteorologen behaupten, zur Bildung des Hagels ein starker Steigewind *(courant ascendant)* unentbehrlich ist, können augenscheinlich die Wälder keineswegs der grösseren Erwärmung der Erdoberfläche und der Luft und somit ebensowenig der Bildung eines gleich starken Steigewindes, wie sich derselbe über den unbewaldeten Gegenden bildet, förderlich sein. Ueberdies, wie es Becquerel erklärt, rufen die Wälder, indem sie die Winde einigermassen aufhalten, eine Wirbelbewegung der Luft hervor, eine Bewegung, die nun die Wolken auseinandertreibt und theilt, bevor dieselben sich den Wäldern nähern. [2])

---

[1]) cf. Dr. Th. Reye, „Die Wirbelstürme, Tornados und Wettersäulen in der Erdatmosphäre etc." (Hannover 1872) S. 16—20.

[2]) cf. Reclus „*La Terre*" II, 390 und Löffelholz-Colberg l. c. S. 169—170.

Allein die Entblössung grösserer Flächenräume durch die Vertilgung der daselbst befindlichen Wälder zieht noch anderer Art Veränderungen der physischen Bedingungen der Erde nach sich. So lange noch in Europa und Nordamerika grössere Areale der Waldungen vorhanden waren, war natürlich auch das Klima der nördlichen Halbkugel beiweitem gemässigter und milder als gegenwärtig; die Schwankungen der Lufttemperatur im Laufe des Jahres waren nämlich beiweitem geringer, die Abnahme der Temperatur gegen Norden hin einer- und gegen höhere Regionen der Atmosphäre andererseits war viel allmälicher und stufenmässiger, die relative Luftfeuchtigkeit, so sehr den Wäldern nothwendig und, wie wir dies bald sehen werden, geradezu durch die Wälder bedingt, war grösser und die Winde dagegen waren weniger stark. Damals konnten denn auch ohne Zweifel die Laubwälder gegen Norden weiter und in den Gebirgen höher vorgerückt sein und die Nadelwälder, die sich ja mit verhältnissmässig noch niedrigerer Temperatur als die Laubwälder befriedigen, sich umsomehr dem Nordpol oder resp. der Linie des ewigen Schnees in den Gebirgen nähern. Dagegen ist gegenwärtig bei gewaltigeren Temperatursprüngen im Laufe des Jahres und des Tages, bei rascherer und weniger regulärer Abnahme der Lufttemperatur gegen Norden und gegen die höheren Etagen der Gebirge hin, bei trockenerer Luft, sowie bei kälteren und heftigeren Winden die Existenz der genannten Wälder an diesen beiden Vegetationsendpunkten natürlich ohne Vergleich schwieriger geworden, da heutzutage, wiewohl vielleicht die mittlere Temperatur der warmen Jahreszeit in angegebenen Gegenden sich sogar gehoben hat, dennoch gleichzeitig die mittlere Lufttemperatur in der kalten Jahreszeit daselbst gesunken ist, und was noch wichtiger ist, die warme Jahreshälfte daselbst viel kürzer, d. h. schon nicht mehr ausreichend zur Bildung der Holzsubstanz in den Bäumen geworden, wozu dieselben mindestens eine drei Monate dauernde warme Jahreszeit erheischen. Somit macht die gegenwärtig in diesen Gegenden in einem viel kürzeren Zeitraume als in drei Monaten unter Null Grad R. sinkende Temperatur der Luft die Existenz der Bäume und der Wälder geradezu unmöglich und nöthigt darnach dieselben, sich gegen Süden und gegen niedrigere Stufen der Gebirge zurückzuziehen.

So und nicht anders erklärt sich auch der oben (S. 5) angeführte Umstand, dass Grönland und Spitzbergen heutzutage vollends der Wälder beraubt, dennoch in ihrem eigenen Schosse die Spuren ihrer einstigen Bewaldung verbergen, dass auf dieselbe Weise die arktischen Ausläufer von Nordamerika, sowie Island und Lappland sich einst einer reichlicheren Waldbedeckung erfreuten, dass sogar in Irland, Schottland, den Shetlandsinseln, den Faröern und den Orkneyischen Inseln tief in der Erde alte Baumstämme und Wurzeln von einer Mächtigkeit, die das heutige Geschlecht der Bäume daselbst zu erreichen schon nicht mehr fähig ist, sich befinden, während am Weissen Meere die Wälder noch fortwährend immer mehr gegen Süden sich zurückziehen, was auch Middendorf im Jenisseythale bemerkt haben will. Durch die Ausrodung der ursprünglichen Waldungen in Europa ist auch wohl das allmäliche Fortschreiten der Nadelbäume aus dem nördlichen in das südliche Europa, d. h. das Oberhandnehmen der Nadelwälder in Mitteleuropa auf Kosten der früheren Laubwälder und die fast auf allen Gebirgsrücken in Europa constatirte Erniedrigung der oberen Waldgrenze überhaupt und im besonderen sowohl derjenigen der Nadel- als auch der der Laubwälder zu erklären. [1]) Auf die fortwährende, wiewohl allmäliche Erniedrigung der oberen Waldgrenze in den Gebirgen übten und üben gewiss noch keinen geringen Einfluss auch die gerade an dieser Waldgrenze weidenden Heerden, die ebensogut mit den Zähnen als auch mit Füssen junge Baumsprösslinge geradezu tödten, sowie zugleich die Hirten selbst aus, die, indem sie die Bäume zu ihren mannigfaltigen Bedürfnissen fällen, noch umsomehr den erbitterten Kampf um's Dasein, welchen die Bäume auch ohnedies gerade an diesen Vegetations-Endpunkten den Stürmen, Winden und Schneelawinen gegenüber bereits zu bestehen haben, erschweren. Jedenfalls muss aber ein viel mächtigerer Factor bei dieser steten Senkung der oberen Waldgrenze in den Gebirgen der Umstand genannt werden, dass nach der Vertilgung grösserer Waldreviere in ganzen Festländern, wie z. B. in Europa, in höher gelegenen Gebirgsregionen die warme Jahreszeit bedeutend kürzer, die Luft trockener und an Niederschlägen ärmer geworden, die Winde dagegen — zumal Frostwinde —

[1]) s. Löffelholz-Colberg l. c. S. 205—217.

an Stärke gewonnen haben. Denn im entgegengesetzten Falle müssten die Bäume sogar bis zur Linie des ewigen Schnees reichen, wie dies gerade — nach dem Zeugnisse Philippi's — in den Anden Südamerikas unter 40° südlicher Breite der Fall ist, wo infolge geringer Temperaturschwankungen im Laufe des Tages und des Jahres und bedeutender Feuchtigkeit des Klimas die Linie des ewigen Schnees sich so weit senkt, die obere Waldgrenze aber sich dermassen hebt, dass beide nahezu miteinander zusammenfallen.[1]) Uebrigens hat darauf bereits Darwin vor 45 Jahren aufmerksam gemacht, indem er sagte,[2]) „Die üppige Vegetation, welche nicht sowohl Wärme als vielmehr Schutz vor intensiver Kälte bedarf, kann in der südlichen gemässigten Hemisphäre (wegen Mangels an Temperatur-Extremen) der Linie des ewigen Schnees viel näher rücken, als im Klima der nördlichen Continente, wo intensive Kälte auf intensive Wärme folgt." Es wird denn auch unsererseits keine leere Vermuthung sein, wenn wir, auf solche Daten gestützt, die Behauptung wagen, dass selbst die bereits zum grössten Theil entwaldeten Tatra-Gebirge einst in ihren bedeutend höheren Regionen mit uralten Wäldern bedeckt waren, diese aber erst allmälich in dem Masse zugrunde gingen, als in Mitteleuropa die Wald-Areale immer mehr gelichtet wurden und insbesondere die alten Wälder in Kleinpolen[3]) unter der Axt unserer Vorfahren verschwanden.

Nachdem wir uns auf diese Weise ebenso gut mit Hilfe unmittelbarer Beobachtungen auf den forstlich-meteorologischen Stationen als auch an der Reihe von Beispielen überzeugt haben, dass nach Ausrodung grösserer Waldungen das Klima in Betreff der Schwankungen der Lufttemperatur unstreitbar strenger wird, werden wir in der Folge ohne Schwierigkeit begreifen, dass das auf diese Art umgestaltete Klima *eo ipso* auch durch grössere Sprünge in Betreff der relativen Luftfeuchtigkeit sich auszeichnen muss. Wenn nämlich, wie man dies wirklich festgestellt hatte, weder die Temperatur der Waldluft, noch diejenige der Luft der waldlosen Gegenden von sich

---

[1]) s. A. Grisebach „Der gegenwärtige Standpunkt der Geographie der Pflanzen" in Behm's „Geogr. Jahrbuch" Bd. I (1866), S. 389—390.

[2]) „Reise eines Naturforschers um die Welt" (Stuttgart 1875) S. 286.

[3]) cf. Szczesny Morawski „*Puszcze i knieje podgorskie w wiekach srednich*" *Kraków 1866.*

selbst irgend einen Einfluss auf die Grösse der absoluten Luftfeuchtigkeit ausübt, da die letztere wiederum von anderen meteorologischen und physischen Bedingungen und Gesetzen einzelner Gegenden, wie von der geographischen Breite, der Nähe der Gebirge und der Gewässer und von dem Charakter der herrschenden Winde abhängig ist, so hängt dafür umsomehr von der Temperatur der Luft die Grösse ihrer relativen Feuchtigkeit ab. In dieser Hinsicht hat es sich aber gezeigt, dass, da die mittlere Lufttemperatur im Walde im allgemeinen etwas niedriger als diejenige der Luft auf benachbarten offenen Feldern, d. h. dem Thaupunkt näher ist, auch somit die relative Feuchtigkeit der Luft im Walde im allgemeiner grösser als auf den benachbarten unbewaldeten Fluren ist, und zwar im Laufe des Jahres um 3·7⁰/₀ (wie im Januar) bis 10⁰/₀ (wie im Monate Juli), also im Durschnitt um 6·86⁰/₀ grösser. Am mächtigsten tritt dieser Einfluss des Waldes auf die Grösse der relativen Feuchtigkeit der Luft abermals im Sommer auf, da in dieser Jahreszeit die Waldluft im Durchschnitt um 9·28⁰/₀ feuchter als auf dem benachbarten offenen Felde sich erwies, während sie im Herbst um 5·22⁰/₀, im Winter um 5·24⁰/₀ und im Frühjahr um 5·7⁰/₀ feuchter ist. [1])

Die unmittelbare Folge dieser Eigenthümlichkeit der Waldluft kann augenscheinlich nichts anderes sein, als nur, dass allerart atmosphärische Niederschläge, wie der Thau, der Nebel, der Regen, der Schnee in den Wäldern, d. h. in den Gegenden, die sich durch verhältnissmässig niedrige Temperatur und durch grössere relative Feuchtigkeit der Luft auszeichnen, viel leichter und häufiger vorkommen müssen, als auf offenen Feldern, wo wegen der höheren Lufttemperatur die Condensation des in der Luft enthaltenen Wasserdampfes bedeutend erschwert oder geradezu unmöglich gemacht wird. Es ist selbstverständlich, dass wenn irgendwo, so gewiss gerade in den gebirgigen Gegenden dieser wohlthätige Einfluss der Wälder sich noch umsomehr bewähren muss, da die Gebirge schon dadurch, dass sie sich höher über das Meeresniveau erheben, in eine Atmosphäre von noch niedrigerer, d. h. einer dem Thaupunkt noch näheren Temperatur eingetaucht sind. Die Ausrodung grösserer Waldungen muss also überall die

[1]) cf. Ebermayer l. c. S. 143—154.

atmosphärischen Niederschläge seltener machen und somit in der Folge auf unreguläre Speisung der unterirdischen Wasserbehälter und folglich wiederum auf die ungleiche Ergiebigkeit der Quellen ihren Einfluss ausüben. Ja, was noch schlimmer ist, die Vertilgung ausgedehnterer Waldreviere muss gleichzeitig auch die Verminderung der jährlichen Niederschlagsmenge selbst zur Folge haben. Die Häufigkeit der Niederschläge und die Menge des niedergeschlagenen atmosphärischen Wassers hängt nämlich nicht nur von den den Wasserdampf mitführenden Winden ab, sondern auch vom Temperaturgrade und von der relativen Feuchtigkeit der Luft am betreffenden Orte. Wenn nun aber, wie dies oben gezeigt wurde, die Wälder die Temperatur der Luft erniedrigen und dieselbe dem Thaupunkt nähern, d. h. die relative Feuchtigkeit der Luft erheben, so ist der Schluss ein natürlicher, dass in bewaldeten Gegenden die atmosphärischen Niederschläge im Laufe des Jahres sowohl häufiger als auch der Menge nach reichlicher sein müssen, und zwar abermals viel häufiger und reichlicher in bewaldeten Gebirgsgegenden, wo wegen der noch niedrigeren Lufttemperatur die Condensation des Wasserdampfes desto mehr erleichtert ist. Ebenso häufiger und reichlicher müssen sein und sind in der That die atmosphärischen Niederschläge im Walde während der Jahreszeit, in welcher der Unterschied zwischen der Temperatur der Waldluft und derjenigen der Luft der nächstgelegenen offenen Gegenden gerade am grössten ist, nämlich im Sommer.

Aus diesen Rücksichten, bemerkt richtig Ebermayer, [1]) Director der forstlich-meteorologischen Stationen in Bayern, deren Beobachtungen wir hier anführen, besitzt der Wald in den Gebirgen eine noch höhere Bedeutung als in den Ebenen und ebenso eine grössere in der warmen als in der kalten Jahreszeit und somit auch eine grössere in der heissen als in der kalten Zone. Allein nicht weniger interessant betreffs der Niederschlagsmenge in den Wäldern sind die Ergebnisse, welche L. Fautrat aus seinen dreijährigen (1874—1876) Beobachtungen im Dorfe Ermenonville (Departement Oise) erhalten hat. Er überzeugte sich nämlich, dass nicht nur im Walde überhaupt der Niederschlag grösser als auf dem nächstgelegenen offenen Terrain ist, sondern auch, dass wiederum die Fichtenwälder eines

[1]) l. c. S. 181—212.

noch reichlicheren Niederschlags als die Laubwälder sich erfreuen, d. h. mit noch grösserer Leichtigkeit den Wasserdampf der durch diese Wälder durchfliessenden Luft condensiren. Namentlich vom Juni 1875 bis zum Juli 1876 sind im Fichtenwalde des genannten Dorfes 841 Millim. atmosphärischen Wassers und in einer Entfernung von nur 300 Meter vom Walde auf einer sandigen Ebene blos 758 Millim., d. h. um 83 Millim. weniger, niedergefallen. [1])

Es ist wohl nicht schwierig, auf Grund dessen, was eben erst gesagt wurde, etwa ein Horoskop für die Zukunft derjenigen Länder aufzustellen, die, gegenwärtig sich grösserer Waldreviere erfreuend, dieselben einst verlieren würden. Es muss nämlich die Ausrodung grösserer Waldungen neben bedeutenderen und plötzlicheren Schwankungen der Lufttemperatur im Laufe des Tages und des Jahres gleichzeitig auch bedeutende Verminderung der relativen Feuchtigkeit der Luft, sowie — zumal im Sommer — eine Abnahme der Niederschlagsmenge nach sich ziehen. Eine ähnliche Weissagung ist um so unfehlbarer, als dass sie bereits heutzutage in einer ganzen Reihe von unleugbaren Erfahrungen ihre Stütze findet. Durch nichts anderes als durch die Ausrodung der Wälder erklärt es sich z. B., dass der Fluss Tajo einst schiffbar bereits von Toledo an, schon längst aufgehört hat, in demselben Masse schiffbar zu sein; [2]) dass die Insel Madeira, d. h. die „Holzinsel“, nach Verlust ihrer Wälder während der grossen Feuersbrunst zu Anfang des XV. Jahrhunderts bereits um das Jahr 1450 eine merkbare Abnahme der Regenmenge aufwies, [3]) dass auf ähnliche Art die Insel St. Helena bis noch unlängst wegen ungewöhnlicher Trockenheit der Luft in einem geradezu bejammernswerthen Zustande sich befand, da die daselbst um das Jahr 1502 eingeführten Ziegen und Schweine, nachdem sie zu zahreichen Heerden herangewachsen, alle jungen Bäume vernichteten und auf diese Weise die Insel auf nahezu ganze drei Jahrhunderte ihrer Waldbedeckung beraubt hatten. [4]) Wenn dagegen heute auf derselben Insel bereits zweimal so viel Regen fällt als zur Zeit, als noch

---

[1]) s. „*Comptes rendus de l'Academie d. Sciences à Paris*“ T. 83, S. 514

[2]) s. Reclus „*Nouvelle géographie universelle*“ I., S. 683—684.

[3]) Peschel „Neue Probleme der vergleichenden Erdkunde“ (Leipzig 1870) S. 163.

[4]) Charles Darwin, „Reise eines Naturforschers um die Welt“ S. 564.

Napoleon I. auf derselben verweilte, so ist dies gerade die Folge der gegenwärtig vor sich gehenden, wenn auch noch so sehr allmälichen, abermaligen Bewaldung der genannten Insel von Seite der Engländer. Ebenso sind die Regenfälle häufiger auf der Insel Ascension, seitdem die Engländer auch sie allmälich mit Wald bedecken, und wiederum häufiger an den Quellen des Baches Kedron (in der Nähe von Jerusalem) geworden, seitdem man dort einen Maulbeerbaumhain angepflanzt hat, so dass selbst dieser Bach sich gegenwärtig eines viel grösseren Wasservorraths erfreut. [1]) Diese Beispiele sind umsomehr belehrend, als dass sie noch überdies deutlich genug beweisen, dass die Nähe des Meeres keineswegs den Mangel der Wälder ersetzt. Nicht anders lauten auch die in Unter-Aegypten gemachten Erfahrungen. Während nämlich noch vor achtzig Jahren der Regen daselbst zu Ausnahmen gehörte, so dass es z. B. zur Zeit der Expedition Bonaparte's vom November 1798 bis August 1799 blos einmal, und zwar nur eine halbe Stunde lang regnete, hat sich daselbst gegenwärtig, seitdem nämlich der Vicekönig Mehmet-Ali grosse Baumwollplantagen gegründet hatte und sein Nachfolger Ibrahim Pascha circa 18 Millionen Bäume anpflanzen liess, sowohl die Anzahl der Regentage im Jahre (40—50 Tage), als auch die Niederschlagsmenge bedeutend vergrössert. [2]) Im Gegentheil wiederum hat sich im Lande Coorg (Vorderindien) der Niederschlag in den letzten 15 Jahren ansehnlich vermindert, seitdem über 20.000 Acres des früher mit Urwald bedeckten Bodens in Kaffeebaumplantagen umgewandelt wurden. [3]) Auch in Sicilien hat man die Bemerkung gemacht, dass die wenigen noch bewaldeten Theile dieser Insel sichtbar häufigerer und reichlicherer Niederschläge sich erfreuen als die unbewaldeten. [4]) Und ähnliches hebt der Reisende in Australien, Landsborough, hervor, indem er sagt, dass in dem Masse, als in Australien die Waldungen sich vergrössern und vermehren, auch das Klima daselbst feuchter wird, so dass der genannte Erdtheil bereits

[1]) s. J. J. Murphy „*Are we drying up?*“ in „*Nature*“ Vol. 15, S. 6—7.

[2]) s. Löffelholz-Colberg l. c. S. 122; Müller „Kosmische Physik“ S. 715 ffg.

[3]) Behm „Geogr. Jahrbuch“ Bd. IV (1872), S. 30.

[4]) Theobald Fischer „*The climate and soil of Sicily*“ in „*Geographical Magazine*“ 1878, March, S. 57.

allmälich aufhört, blos der Hirtenwirthschaft günstig zu sein, und dafür „*is gradually becoming agricultural*". [1])

Was für Folgen aber die Ausrodung der Wälder insbesondere in den Gebirgen nach sich ziehen muss, ist ebenfalls leicht zu sagen, wenn man nur bedenkt, dass, wie wir dies bei einer anderen Gelegenheit auseinandergesetzt haben, [2]) die Senkung der Linie des ewigen Schnees, sowie grössere Anzahl der Gletscher und grössere Dimensionen derselben geradezu unmittelbar durch die niedrigere Lufttemperatur, namentlich im Sommer, und durch den höheren Grad der Luftfeuchtigkeit bedingt sind. Der letztere hängt zwar in erster Linie von den herrschenden feuchten Winden ab, allein nebenbei ist er auch, und zwar aus Rücksicht auf die relative Feuchtigkeit der Luft, sowie die niedrigere Temperatur derselben, von den Wäldern abhängig, so dass der Mangel an Wäldern in den Gebirgen jedenfalls im gewissen Grade die Hebung der Temperatur der Luft, namentlich im Sommer, und die Verminderung ihrer relativen Feuchtigkeit bewirken muss, d. h. sowohl die Verminderung der Niederschläge, resp. des Schnees, als auch wiederum dessen rascheres Schmelzen und infolge dessen die Hebung der Linie des ewigen Schnees und die Abnahme der Anzahl der Gletscher und ihrer Ausdehnung überall dort hervorrufen muss, wo der geographischen Breite entsprechend auch die Erhebung der Gebirge wohl hinreichend ist, als dass es überhaupt zur Bildung des ewigen Schnees und der Gletscher kommen könnte. Wenn sich denn auch allerseits die Klagen über das bereits masslose Ausroden der Wälder in den europäischen Gebirgen hören lassen, und wenn wir erfahren, dass dadurch die obere Grenze der Wälder in den Alpen bereits mindestens um 100 Meter gesunken ist, [3]) so ist daraus die Schlussfolgerung leicht, dass ehemals in diesen Gebirgen auch die Gletscher sich grösserer Dimensionen erfreut haben und die Linie des ewigen Schnees auf diese Weise insbesondere niedriger gelegen sein muss, und dass solche Gebirge, wo, wie beispielsweise in den erwähnten Tatra-Gebirgen, heutzutage schon weder von der Linie des

---

[1]) s „*Nature*" Vol. 16, S. 217.

[2]) s. des Verfassers „Wirkungen d. Winde etc." im 48. Ergänzungsheft zu Petermann's „Mittheilungen" 1876, S. 7—11.

[3]) cf. Reclus „*La Terre*" II., S. 495—496.

ewigen Schnees, noch von den Gletschern irgend eine Rede ist, ehemals unstreitig sowohl die eine als auch die anderen besessen hatten.

Hand in Hand mit dem eben erst erörterten Einfluss der Wälder auf die Temperatur der Luft, auf die Grösse ihrer relativen Feuchtigkeit und auf die Menge der atmosphärischen Niederschläge, geht der zweite klimatische und ebenso wichtige Einfluss der Wälder auf die Temperatur und Feuchtigkeit des Bodens, und in der Folge auf den Wasserstand der Bäche und Flüsse, sowie auf die Ergiebigkeit der Quellen.

Schon unabhängig von irgend einem Einflusse der Wälder hat Professor Dr. Wollny, gestützt auf eigene diesbezügliche Experimente, dargethan, dass jeder feuchte Boden in der warmen Jahreshälfte kälter als der trockene, in der kalten Jahreshälfte aber wärmer als der trockene ist, und dass die jährlichen Temperaturschwankungen im feuchten Boden bedeutend geringer als im trockenen Boden sind, dass insbesondere der feuchte Torf die kleinsten Temperaturschwankungen, etwas grössere der Thon und die grössten der Sand aufweist, so dass während des Temperatur-Maximums der Sand, während des Temperatur-Minimums der Torf am wärmsten ist. Er überzeugte sich zugleich, dass verhältnissmässig die geringste Menge von Wasser aus dem feuchten Torf und verhältnissmässig die grösste aus dem feuchten Sande verdunstet.[1]) Die Ursache dieser interessanten Eigenschaften der verschiedenen Bodenarten einmal im feuchten, ein anderes Mal im trockenen Zustande, ist augenscheinlich nicht wo anders zu suchen, als nur theils darin, dass das Wasser sich durch die grösste specifische Wärme auszeichnet, d. h. sich am langsamsten erwärmt, aber auch am langsamsten abkühlt, oder mit anderen Worten, die grösste Wärmemenge erfordert, um einen bestimmten Wärmegrad zu erreichen, theils aber in dem Processe der Verdunstung des in diesen Bodenarten enthaltenen Wassers, und welcher Process immer auf Kosten der Wärme vor sich geht, sowie in der grösseren oder geringeren Fähigkeit der genannten Bodenarten, in sich die Feuchtigkeit, d. h. das Wasser aufzunehmen und zu behalten, worin sich wiederum der Torf durch die grösste, der lose Sand aber durch die geringste Fähigkeit auszeichnet.

---

[1]) s. „Zeitschrift d. ö. G. f. M.“ Bd. XII (1877), S. 96.

Sind die Eigenschaften verschiedener Gattungen des Bodens schon unabhängig von dem Einflusse der Wälder so beschaffen, so können die Eigenschaften dieser Bodenarten auch keineswegs anders sein, je nach dem, ob sie von den Waldungen und von der Waldstreu bedeckt, oder aber ob sie von dieser Bedeckung entblösst sind. Im ersten Falle nämlich ist der Boden im Sommer sowohl der Wirkung der Sonnenstrahlen weniger ausgesetzt, als auch, wie dies oben gezeigt wurde, zeichnet er sich durch grössere Fähigkeit aus, das Wasser in sich aufzunehmen und zu behalten, d. h. er verhält sich ähnlich wie der feuchte Torf im obigen Beispiele, im anderen Falle aber steht dem Boden der benachbarten offenen Felder nichts im Wege, sowohl sich im höheren Grade zu erwärmen, als auch infolge des letzteren Umstandes, sowie noch aus dem Grunde, grössere Quantitäten seiner Feuchtigkeit (seines Wassergehalts) in der Gestalt des Wasserdampfes der Atmosphäre abzugeben, dass er seinem Bestande und dem Grade seiner Fähigkeit nach, das Wasser in sich zu behalten, sich so sehr von der Waldstreu unterscheidet.

Dies wird übrigens geradezu durch die Resultate der in den bayerischen, forstlich-meteorologischen Stationen gesammelten Beobachtungen bestätigt. Die mittlere Jahrestemperatur des Bodens im Walde hat sich nämlich in allen Tiefen — bis zur Tiefe von 4 Fuss — niedriger als in denselben Tiefen des Bodens der benachbarten offenen Felder, und der Unterschied in der Temperatur des Bodens in diesen beiden verschiedenen Oertlichkeiten ungefähr $1\frac{1}{2}^0$ R. gezeigt, so dass, wenn man die Temperatur des Bodens in offenen Gegenden gleich 100 setzt, die Temperatur des Waldbodens um 21% niedriger ist. Gleichzeitig überzeugte man sich, dass die täglichen, monatlichen und jährlichen Schwankungen der Bodentemperatur im Bereich der Wälder kleiner sind als auf den nächstgelegenen unbewaldeten Fluren, und dass wiederum dieser mildernde Einfluss der Wälder auf die Schwankungen der Bodentemperatur viel mächtiger im Sommer als im Winter und somit ohne Zweifel viel mächtiger in der heissen als in der kalten Zone sich geltend macht. Fügen wir noch ausserdem hinzu, dass die Temperatur des Waldbodens im Sommer sich besonders niedrig im Vergleich mit der Bodentemperatur der benachbarten offenen Felder, und zwar um $3{\cdot}22^0$ R. niedriger gezeigt hat, so begreifen wir ohne

Schwierigkeit, was für bedeutende Zunahme der Bodentemperatur in denselben Gegenden und wiederum besonders im Sommer durch die Ausrodung der Wälder bewirkt werden muss. [1])

Die thermischen Verhältnisse des Bodens sind zugleich eine der wichtigsten Bedingungen seines Feuchtigkeitsgrades. Von der Höhe der Bodentemperatur hängt ja nämlich unmittelbar der Verdunstungsprocess des im Boden enthaltenen Wassers ab. Wenn somit der Waldboden aus den oben erörterten Gründen wirklich kälter als der Boden der benachbarten offenen Felder ist, so ist er somit bedeutend weniger dem Verlust seiner Feuchtigkeit infolge der Verdunstung ausgesetzt. Um so weniger kann er dieselbe noch aus dem Grunde verlieren, dass, dank der mechanischen Wirkung der Wälder, die Winde, die ja so mächtig den Verdunstungsprocess fördern, gerade mitten in den Wäldern viel von ihrer Geschwindigkeit und Stärke, mit denen sie auf offenen Feldern aufzutreten pflegen, einbüssen, dass ferner auch die Waldluft, wie wir dies schon aus dem Vorhergehenden wissen, kälter und relativ feuchter als die ausserhalb der Wälder sich befindende und somit unfähig ist, in sich eine gleich grosse Menge des verdunstenden Wassers aufzunehmen, als die wärmere und verhältnissmässig trockenere Luft der nächstgelegenen unbewaldeten Gegenden, und dass endlich der Waldboden, resp. die in demselben enthaltene Feuchtigkeit, vor allzu starker Verdunstung durch die Waldstreu gedeckt und geschützt wird.

Inwiefern aber die Wälder auf diese Art auf die Schwächung des Verdunstungsprocesses des Wassers im allgemeinen und insbesondere einmal des Wassers mit freier Oberfläche und ein anderes Mal des in oberen Schichten des Waldbodens enthaltenen wirken, kann man wiederum aus folgenden, auf unmittelbare Beobachtungen gestützten Daten die Ueberzeugung schöpfen. Namentlich hat sich die jährliche Verdunstung des Wassers mit offener Oberfläche im Walde im Durchnitt 2·7mal oder um 64$^0/_0$ schwächer als die Verdunstung des Wassers unter sonst gleichen Verhältnissen auf dem nächstgelegenen offenen Felde gezeigt, was so viel bedeutet, dass, während auf dem offenen Felde aus den stehenden Gewässern 100 Kubikzoll Wasser verdampfen, im benachbarten Walde dagegen in demselben Zeitraum ähnliche stehende Ge-

[1]) s. Ebermayer l. c. S. 29—79.

wässer blos 36 Kubikzoll Wasser infolge der Verdunstung verlieren. Am schwächsten hat sich wiederum diese Verdunstung des Wassers mit offener Oberfläche im Walde im Sommer, d. h. in der die Verdunstung des Wassers gerade am meisten begünstigenden Jahreszeit, und zwar 2·8mal oder beinahe 3mal schwächer gezeigt als in den benachbarten, unbewaldeten Gegenden. Dasselbe Gesetz gilt bei der Verdunstung des im Waldboden enthaltenen Wassers, wobei man noch überdies die Erfahrung gemacht, dass das Wasser, welches in dem mit der Waldstreu unbedeckten Waldboden enthalten ist, in der warmen Jahreshälfte 2·6mal, d. h. um 62% schwächer verdunstet, als dasjenige, welches im Boden der benachbarten offenen Felder enthalten ist, jenes Wasser aber, welches in dem mit Waldstreu bedeckten Waldboden enthalten ist, um fernere 22%, d. h. noch 1.31mal schwächer als auf den offenen Feldern verdunstet, so dass das in dem mit Waldstreu bedeckten Waldboden enthaltene Wasser während der warmen Jahreshälfte zusammen um 84% schwächer als das im Boden der benachbarten offenen Felder enthaltene und um 60% oder 2½mal schwächer als das in dem mit Waldstreu unbedeckten Waldboden enthaltene Wasser verdunstet. Mit anderen Worten, während auf dem Boden eines offenen Feldes 100 Gewichtseinheiten des Wassers verdunsten, verdunsten gleichzeitig im nächstgelegenen Walde aus dem mit Waldstreu unbedeckten Boden blos 38 und aus dem mit Waldstreu bedeckten Boden sogar nur 15 Gewichtseinheiten des Wassers, so dass, während z. B. in Bayern in der warmen Jahreshälfte auf einem Hektar des offenen Feldes ungefähr 4086 Kubikmeter Wasser aus dem Boden verdunsteten, im benachbarten Walde zu derselben Zeit und auf demselben Flächenraum 1592 Kubikmeter Wasser, wenn der Waldboden keine Waldstreu besass, dagegen blos 625 Kubikmeter Wasser verdunsteten, wenn der Waldboden mit Waldstreu bedeckt war.

Auf Grundlage dergleichen, aus unmittelbaren Beobachtungen erhaltenen Daten war es denn auch Ebermayer nicht schwierig, annäherungsweise zu berechnen, dass z. B. im Spessart-Gebirge der Boden nach der Wälderausrodung während der warmen Jahreshälfte um 4743·2 Millionen bayerische Kubikfuss mehr Wasser infolge der Verdunstung verlieren würde, als er heutzutage verliert, d. h., dass derselbe Boden nach der Ent-

waldung ein Wasserquantum verlieren müsste, welches, aus Rücksicht, dass gegenwärtig bei Aschaffenburg in 1 Secunde im Main 3050 Kubikfuss Wasser beim mittleren Wasserstande dieses Flusses vorbeifliessen, hinreichen würde, denselben mittleren Stand des Mains während 18 und den niedrigen Wasserstand desselben sogar während 33 Tage zu erhalten. Würde man aber aus den Spessart-Wäldern blos die Waldstreu entfernen, so würde der Boden dieser Wälder infolge dessen dennoch 1324·8 Millionen Kubikfuss Wasser mehr, als jetzt, wegen der Zunahme der Verdunstung, verlieren, d. h. eine Wassermenge, die fähig wäre, den Main durch 5 Tage dermassen mit Wasser zu speisen, als dass sein Stand fortwährend ein mittlerer bleibe, durch 9 Tage aber in dem Masse, um seinen niedrigen Stand erhalten zu können. [1])

Die obigen Zahlen sind von selbst beredt genug, als dass wir die Frage näher zu erörtern brauchten, wie eng der Wasserreichthum einzelner Länder von dem Reichthum der Wälder in denselben abhängig ist. Vor allem gestatten uns diese Zahlen mit vollkommener Evidenz den ausserordentlichen Einfluss der Wälder und insbesondere wiederum den der Waldstreu auf den Verdunstungsprocess kennen zu lernen, durch den ebenso gut als durch die Niederschlagsmenge in erster und letzter Instanz die Feuchtigkeit des Bodens, d. h. die Menge des im Boden enthaltenen Wassers bedingt ist.

Man hat sich zwar auch überzeugt, dass der Wald noch überdies gleichsam die Rolle eines Regenschirmes für den von ihm bedeckten Boden spielt, da er das auf die Blätter und Zweige der Bäume niederfallende Regenwasser, und zwar circa $^1/_4$ Theil der ganzen Niederschlagsmenge, geradezu aufhält und dadurch bewirkt, dass dieser Theil gleich wiederum verdunstet und somit für den Waldboden verloren geht, so dass infolge dessen der Waldboden jedesmal während des Niederschlags etwas weniger atmosphärischen Wassers als der Boden der benachbarten offenen Fluren und namentlich um etwa 26$^0/_0$ weniger erhält. Man hat jedoch gleichzeitig festgestellt, dass sogar ungeachtet dessen in den Waldboden im Durchschnitt um 24$^0/_0$ mehr Wasser als in den Boden der nächstgelegenen unbewaldeten Gegenden eindringt, dank wiederum der grösseren Permeabilität des Waldbodens und der schwächeren Verdunstung des Wassers

[1]) cf. Ebermayer l. c. S. 157—178.

im Walde. Am interessantesten unstreitig ist aber in dieser Hinsicht die dabei entdeckte Erscheinung, dass im Winter mitten im Walde sogar etwas weniger Wasser in die Tiefe des Bodens durchsickert, als auf den nahegelegenen offenen Feldern, so dass die Wälder im Winter die Menge des Wassers in den unterirdischen Behältern desselben vermindern und somit dem allzu hohen Wasserstande der Flüsse im Winter geradezu ein Hinderniss entgegensetzen, dass dagegen im Frühjahr in die Tiefe des Waldbodens mehr Wasser einsickert, als in den Boden der offenen benachbarten Felder, und am meisten wiederum im Sommer, so dass die Wälder in der warmen Jahreshälfte geradezu ganze Gegenden sowohl vor den Ueberschwemmungen, die wohl in der Regel eine Folge des plötzlichen Hinabfliessens des Wassers über den nackten Boden sind, als auch andererseits vor dem Wassermangel in den Quellen und Flüssen schützen, und dass *vice versa* jede Ausrodung grösserer Waldreviere geradezu bald verheerende Ueberschwemmungen, bald wiederum den Wassermangel überhaupt nach sich ziehen muss und wirklich bewirkt.[1])

Es ist einleuchtend, dass, wie viel Umstände wir auch, die so eng mit der Natur der Wälder verbunden sind, soeben hervorgehoben haben, wir mit ebenso vielen Factoren uns bekannt gemacht haben, die den Wasserstand der Flüsse und die Ergiebigkeit der Quellen reguliren. Nachdem wir nämlich früher bewiesen, dass die Wälder in mechanischer Beziehung hauptsächlich dafür wirken, um die Bodenfeuchtigkeit durch das Aufhalten und Behalten des aus der Atmosphäre niederfallenden Wassers zu steigern und um hierauf demselben Wasser das Durchsickern zu immer tiefer gelegenen Bodenschichten zu erleichtern, zuletzt aber gezeigt haben, dass die Wirkung der Wälder auch in klimatischer Hinsicht eine ähnliche ist, haben wir somit zugleich dargethan, dass die Wälder gerade eine Hauptbedingung der fortwährenden, regulären Zufuhr des Wassers in die Flüsse und Bäche und zugleich der Bildung grösserer oder kleinerer, aber dauernder Wasserbehälter unter der Erdoberfläche sind, dass sie also im Grossen gleichsam ein dichtes Sieb bilden, welches nur allmälich das hierauf über der Erdoberfläche in die Thäler hinabfliessende Wasser hindurchlässt, und wiederum etwa ein tausendhalsiger Trichter sind, mittelst dessen das aus der Atmosphäre niederfallende Wasser, dank dem

[1]) cf. Ebermayer l. c. S. 215—234.

hydrostatischen Drucke, in tiefer gelegene Stufen der Erdoberfläche gelangt, um dort erst nach Begegnung der wasserdichten Schichten von Lehm, Thon etc. sich in der Gestalt der unterirdischen Wasseradern und Reservoirs zu sammeln und in der Folge nach kürzerer oder längerer unterirdischer Wanderung — manchmal sogar in grösserer Entfernung von seinem Hauptbehälter — wiederum auf die Erdoberfläche in der Form von allerart Quellen hervorzudringen und in dem Pulsschlag der letzteren, sowie in ihrem chemischen Bestand und in ihrer Temperaturhöhe endlich das Zeugniss seiner heimlichen, unterirdischen Odyssee zu liefern. Wie denn auch einerseits wohl wahr ist, was Dove einmal sagt, dass der Grad der Bewölkung des Himmels gleichsam ein auf dem Himmel projicirtes Bild der physischen Bedingungen der Erdoberfläche ist, so braucht man andererseits keine allzu rege Einbildungskraft, um, sich im Gedanken unter die Erdoberfläche versetzend, behaupten zu können, dass die tiefer gelegenen Schichten der Erdoberfläche betreffs des in denselben enthaltenen Wassers gleichsam ein zweites Bild der Vegetationsverhältnisse der oberen Erdschichten abgeben.

Dass in grösseren bewaldeten Gebieten dieser so ungemein schätzbare Einfluss der Wälder sich noch mächtiger und ausdrücklicher als in den kleineren manifestirt, dass die Wassermenge in den Quellen und Flüssen in derselben Progression wächst, um wie viel ausgedehnter die Waldreviere, denen sie ihren Ursprung verdanken, sind, versteht es sich nach dem eben jetzt Gesagten von selbst, und diese Umstände bedürfen nicht erst einer näheren Begründung. Dafür würde es sich umsomehr um die Darlegung handeln, ob mit den obigen Ergebnissen der wissenschaftlichen Beobachtungen auf den forstlich-meteorologischen Stationen die tägliche Erfahrung in denjenigen Gegenden, die ehemals sich grösserer Bewaldung erfreuten, gegenwärtig aber ihrer Waldbedeckung beraubt sind, wirklich übereinstimmt, ob demnach mit anderen Worten die Ausrodung der Wälder diejenige Stetigkeit in hydrologischen Erscheinungen ganzer Gebiete, die ja ein so untrennbares Privilegium der Wälder ist, wirklich stört.

In der That besitzen wir auch in dieser Hinsicht ein Uebermass von Beispielen und alle constatiren eine und dieselbe traurige Wahrheit, dass die Ausrodung grösserer Areale der Wälder neben den bereits oben angeführten Folgen zugleich auch eine grössere

und raschere Verdunstung des niedergefallenen atmosphärischen Wassers, sein plötzlicheres Hinabfliessen und die damit Hand in Hand gehenden grösseren Ueberschwemmungen der Flüsse zur Regenzeit oder aber wiederum allzu niedrigen Wasserstand der letzteren zur Zeit der längeren Trockenheit, sowie endlich das schwächere Durchsickern des Wassers in die tiefer gelegenen Schichten und infolge dessen eine sich mächtig genug fühlbar machende Armuth des Grund- und des Quellenwassers bewirkt.

Eins solcher Beispiele bildet der in den Rio Apuru mündende Rio Guarico (in Venezuela), der in der trockenen Jahreszeit fast wasserlos wird, was nach der Aussage der Einwohner früher nicht der Fall gewesen und was — nach Sachs, der sich daselbst 1877 aufhielt — nur darauf hinweisen würde, dass die Entwaldung der Küsten-Anden bereits ihre Wirkung geäusserst hat [1]). Als ein ähnliches Beispiel kann der Tacarigua-See (oder der See v. Valencia) angeführt werden, der seit dem Ende des XVIII. Jahrhunderts, d. h. seit der Zeit, in der die Spanier in seiner Umgebung grosse Waldungen vernichtet hatten, im systematischen Sinken begriffen war und noch im Jahre 1800, als ihn Alexander v. Humboldt und Bonpland besuchten, einen sehr niedrigen Wasserstand aufwies, zwanzig Jahre später aber sich schon bedeutend gehoben hat, nachdem infolge längerer innerer Kriege zwischen den Eingebornen und den Spaniern die Cultur des Landes etwas vernachlässigt wurde und auf diese Weise die früher ausgerodeten Wälder wiederum die Oberhand über den Zuckerplantagen zu nehmen begannen. [2]) Boussingault, der Südamerika seit 1825 bis 1831 bereiste und darüber berichtet, erwähnt auch einer Quelle in Neu-Granada, die verschwunden war, seitdem ihre Gegend entwaldet wurde und wiederum nach der neuen Bewaldung derselben zum Vorschein gekommen. [3]) Ebenfalls hat man in Mexico, auf den Antillen, in den Vereinigten Staaten Nordamerikas — zumal in den östlichen — überall nach der Ausrodung der Wälder, besonders in den Gebirgen, die Erfahrung gemacht, dass einerseits der Wasserspiegel der Seen gesunken

---

[1]) s. Fritz „Die Veränderlichkeit der Wassermengen der Gewässer“ in Petermann's „Mittheilungen“ 1880, S. 251—252.

[2]) s. Löffelholz-Colberg l. c. S. 119—120.

[3]) s. Peschel „Neue Probleme d. vergld. Erdkunde“ S. 163.

und mehrere Quellen verschwunden waren, andererseits aber die Flüsse, die früher das ganze Jahr hindurch schiffbar waren, gegenwärtig im Sommer geradezu an Wasserarmuth leiden, während umgekehrt in den Steppengegenden am oberen Laufe des Missouri in dem Masse, als dort die Anpflanzungen der Bäume und der Ackerbau Oberhand gewinnen, auch die Flüsse mehr Wasser aufweisen und sogar der grosse Salzsee selbst bereits um sieben Fuss seinen Wasserspiegel erhöht und an seinem früheren Salzgehalte bedeutend verloren haben soll. [1]) Wo anders hingegen, und zwar in New-South-Wales (Australien), hat man bemerkt, dass der George-Lake schon seit mehr als zwanzig Jahren bedeutend seinen Wasserspiegel erhoben hat, allein aus ganz anderem Grunde, nämlich infolge des plötzlichen Zusammenfliessens der Gewässer in sein Becken aus den Gegenden, die gerade in derselben Zeit ihrer Waldungen beraubt und in Weidgebiete umgewandelt wurden. [2])

Noch zahlreichere Beispiele können wir aus den europäischen Ländern anführen, wo nicht der so sehr veränderliche Wasserstand der Flüsse allein, welcher zum grossen Theil zwar bereits durch die Sonnenflecken-Perioden, zum bedeutenden Theil aber auch, wie dies Berghaus, Gustav Wex, Merian, Marié Davy, H. v. Helmersen, Wild und andere dargethan haben, [3]) durch den Waldbestand einzelner Länder beeinflusst wird, zu beklagenswerthen Folgen der übermässigen Ausrodung der uralten Wälder Europas gehört. In dem Bezirke le Bocage in der Vendée z. B. macht sich seit dem Jahre 1808, d. h. seit der Zeit, in der man daselbst grosse Waldungen gefällt, ein grosser Wassermangel in den Quellen und Brunnen fühlbar, und dasselbe muss man von der Provence sagen, die noch vor dem Jahre 1821 sich eines grossen Reichthums an Quellen und Bächen erfreute. [4]) In Spanien, wo gegenwärtig nach rücksichtloser Ausrodung grösserer Waldreviere die Wälder kaum noch 6% der Oberfläche des ganzen Staats-Territoriums bilden, hat sich ebenso gut das Klima selbst geändert, nachdem es trockener

---

[1]) Löffelholz-Colberg l. c. 117 ffg. und Fritz l. c. apud Petermann S. 251. Früher gab der See 1 Tonne Salz auf 4 Tonnen Wasser; jetzt aber gehören 5 Tonnen Wasser zu 1 Tonne Salz.

[2]) s. R. Abbay, „*Periodicity of the Fresh-water Lakes of Australia*“ in „*Nature*“ Vol. 14. S. 47—48.

[3]) s. „Zeitschrift d. ö. G. f. M.“ Bd. IX. S. 94, 145, 161 und XI. S. 233.

[4]) Löffelholz-Colberg l. c. S. 98.

und an atmosphärischen Niederschlägen ärmer geworden, als auch haben zahlreiche Bäche und Quellen an Wasservorrath sehr ansehnlich verloren oder aber trockneten schon gänzlich aus. An demselben Uebel leiden heutzutage Sardinien und Sicilien, die beiden ehemals so ruhmreichen Getreidespeicher Italiens. In Sicilien z. B., wo noch zur Zeit des Aufenthaltes des arabischen Schriftstellers Ibn-Haukal (in der zweiten Hälfte des X. Jahrhunderts) der Fluss Oreto bei Palermo schiffbar war und sogar noch zu Lebzeiten Edrisi's (um die Mitte des XII. Jahrhunderts) die Flüsse, wie San Leonardo, Erminio etc. fähig waren, schwerbeladene Schiffe auf sich zu tragen, ist gegenwärtig keine dieser Flüsse mehr schiffbar, da nach der Ausrodung der Wälder sowohl das Klima trockener, als auch der Boden weniger befähigt geworden, das aus der Atmosphäre niederfallende Wasser für längere Zeit in sich zu behalten und damit die genannten Flüsse zu speisen. [1]) Auch die Schweiz, wo in neueren Zeiten sowohl die Axt, als auch die weidenden Heerden ausgedehnteren Waldgebieten den Untergang verschafften, erzählt uns von zahlreichen, dadurch herbeigeführten traurigen Folgen, und zwar insbesondere wiederum von verheerenden Ueberschwemmungen einer ganzen Reihe von Bächen und Flüssen, oder aber von der gänzlichen Versiegung der Quellen. Unter anderen verdient beispielsweise die in der Gemeinde Soubey (im Canton Bern) gelegene Quelle „Wolfsbrunnen" besondere Beachtung, eine Quelle, die ursprünglich sich einer regulären Ergiebigkeit des Wassers erfreute, allein bereits vor neunzig Jahren sich in Folge der Ausrodung des in ihrer nächsten Nähe gelegenen Waldes lediglich in eine periodisch fliessende Quelle verwandelte, die nur während grösserer Regengüsse etwas Wasser rieseln liess. Hernach, als man dem Walde oberhalb der Quelle von Neuem heranzuwachsen gestattete, hatte auch die Quelle nicht versäumt, immer grösseren Wasservorath aufzuweisen und sogar ohne Unterbrechung zu fliessen, wenn auch selbst zur Zeit der längsten Dürre im Sommer. Schliesslich jedoch, als man von Neuem zur Ausrodung des frisch herangewachsenen Waldes geschritten war, verschwand sogleich ohne Wiederkehr diese merkwürdige

---

[1]) s. „*Geographical Magazine*" *1878, March,* S. 57.

Quelle wieder.[1]) Eine ganz ähnliche Erscheinung nach dem Zeugnisse von Karl Hummel stellen die Quellen in der Umgegend der Stadt Heilbronn am Neckar dar, wo die an den die Stadt umgebenden Hügeln wachsenden Wälder alle zwanzig Jahre theilweise gehauen werden. Nach jedesmaligem Niederhauen nämlich einzelner Theile der genannten Wälder, verarmen die denselben ihren Ursprung verdankenden Quellen alsogleich an Wasser, und einige derselben hören sogar gänzlich auf zu fliessen. Sobald aber neue Sprösslinge der Bäume etwas emporschiessen, beginnt auch die Ergiebigkeit der Quellen deutlich zuzunehmen, bis sie mit der Zeit abermals ihr ursprüngliches Maximum erreicht.[2])

Zu den uns näher angehenden Ländern von Oesterreich-Ungarn übergehend, begegnen wir auch dort denselben Erscheinungen als unvermeidlichen Trabanten der übermässigen Ausrodung der Wälder. Allzu gut bekannt ist z. B. der fast einer Wüstenei gleichende Charakter des Karstplateaus und theilweise auch von Dalmatien — der Länder, die doch ehemals sowohl den Römern, als auch noch den Venetianern das Baumaterial in ungeheueren Mengen lieferten. In Tirol unterlag in den hundert letzten Jahren allein mehr als ein Drittel des bebauten Bodens einer Verheerung durch die früher daselbst unbekannten Ueberschwemmungen der Gebirgsbäche und Flüsse, die gegenwärtig gleich den Wasserlawinen aus den ihrer Waldbedeckung beraubten Bergabhängen niederstürzen, und zwar durch die Ueberschwemmungen derjenigen Gebirgsbäche und Flüsse, die doch während längerer Regenlosigkeit wiederum fast vollends ihren Wasservorrath einbüssen. Ueber dasselbe Uebel sowie über die übermässige Dürre im Sommer sammeln sich die Klagen aus verschiedenen Comitaten Ungarns, wo zwar im Durchschnitt noch 22% der Oberfläche des Landes auf die Waldungen, allein in manchen Comitaten, wie z. B. in den an der Theiss gelegenen kaum blos $^3/_{100}$ % entfallen. Es ist demnach auch kein Wunder, dass in den genannten Gegenden, sowie zugleich im Banat, seit längerer Zeit über die Abnahme des Wasservorraths in den Quellen oder über ihre gänzliche Versiegung geklagt wird. Fügen wir noch hinzu, dass selbst der Aquäduct, vermittelst dessen die Festung Ofen bereits seit zweihundert Jahren mit

---

[1]) s. Löffelholz-Colberg l. c. S. 80—81.

[2]) Idem, S. 48.

Wasser aus den Quellen des Schwabenberges, des östlichen Ausläufers der Piliser-Gebirge, versorgt wird, gegenwärtig, d. h. nachdem die jene Gebirge bedeckenden Waldungen zum grösseren Theil ausgerodet wurden, noch kaum die Hälfte der früheren Wassermenge der genannten Festung zuführt. [1])

Wir besitzen, leider, noch nicht zahlreichere, aus längeren Beobachtungen geschöpfte Daten über den Wasserstand und die Ergiebigkeit einzelner Quellen in polnischen Ländergebieten und insbesondere in Galizien. Im allgemeinen aber weiss man nur allzu gut, dass die Klagen über unreguläre Ergiebigkeit mancher derselben, sowie auch über die allmäliche Verminderung ihres Wasservorraths nicht erst von gestern datiren. Uebrigens sammelt man in den von Jahr zu Jahr sich wiederholenden plötzlichen und so unheilvollen Ueberschwemmungen der Flüsse, wie die Weichsel, der San, der Dniestr, um nur die wichtigeren zu erwähnen, immer frischere Beweise der Wohlthaten, auf die man verzichtete, indem man leichtsinnig genug allzu grosse Breschen in dem einst dicht zusammenhängenden Wäldercomplex Polens verrichtet hat. Wir sind weit entfernt, damit die Rückkehr jener Zeiten herbeizuwünschen, als noch, wie Szajnocha („Hedwig und Jagiełło") sagt: „das gebirgige Kleinpolen überwiegend bewaldet und das seenreiche Grosspolen fast ganz in Wasser versunken war". Rufen wir hier aber in's Gedächtniss ähnliche ehemalige physische Verhältnisse in Polen, sowie auch den ehemaligen, von Surowiecki [2]) ausser Zweifel festgestellten höheren Wasserstand der Flüsse und der Seen daselbst zurück, so wollen wir damit nur sagen, dass man zwischen jenen entlegenen Bedingungen unserer Heimat und der jetzigen Wirthschaft in derselben nicht verstanden hat, den Mittelweg zu treffen, von dem man doch weiss, dass ihn stets *tenuere beati.*

Um wie viel grausameren Charakter aber die elementaren Calamitäten anzunehmen versprechen, wenn man dem Uebel, nämlich der übermässigen Ausrodung der Wälder nicht zeitig genug Einhalt setzt, belehren uns die neuesten Verheerungen, die durch die Ueberschwemmungen der Flüsse in Böhmen verrichtet wurden. Gerade im letzten Jahrzehntel warf man sich, ungeachtet der auch ohnedem schon übermässigen Entwaldung

[1]) s. Löffelholz-Colberg l. c. S. 57 u. ffg.

[2]) *„O rzekach i spławach krajow ks. warszawskiego" Warszawa 1811.*

Böhmens, mit einem einer besseren Sache würdigen Eifer bald zur theilweisen Ausrodung des Böhmerwaldes, bald wiederum zur Entsumpfung und Trockenlegung seiner zahlreichen Moore und Filze, die, wie der Bürgermeister von Kuschwarda, Heinrich Rak, ganz treffend bemerkt, sammt dem Walde gleichsam ein Paar unzertrennlicher Zwillinge bilden, die die hydrologischen Verhältnisse des grösseren Theiles von Mittel-Böhmen reguliren. In diesem Werke der Zerstörung der angeborenen Bedingungen des genannten Landes kamen freilich den Menschen ihrerseits schon zu wiederholtenmalen (besonders im November 1870) die den Böhmerwald heimsuchenden Orkane zur Hilfe, die übrigens auch ohne Zweifel erst seit der Ausrodung grösserer Wald-Areale sowohl in Böhmen als auch anderwärts an ihrer Stärke gewannen, und neben den Orkanen auch der Borkenkäfer, der in den durch die Stürme umgeworfenen verwesenden Baumstämmen milliardenweise sich vermehrte und in der Folge auch den Bäumen der vor dieser Verwüstung geretteten Theile des Böhmerwaldes den Untergang zu bringen begann. Während denn auch früher „der Wald mit seinen üppigen grünen Armen die atmosphärischen Niederschläge auffing und sie nur tropfenweise an seinen moosigen aufsaugenden Untergrund abgab, von wo aus dieser Abgabeprocess an die Bäche mit noch grösserer Verzögerung meist solange andauerte, bis ein neuer Niederschlag die ewig abfliessende Feuchte des Waldes unterstützte, so sind gegenwärtig die schroffen Berglehnen des Böhmerwaldes grösstentheils kahl, das an den kühlen Schatten gewohnte Moos des Erdbodens ist unter dem heissen Sonnenblick erstorben, die Laubstreu von der Windsbraut davon gejagt und der strömende Regen, der früher Wochen brauchte, ehe er die Bäche erreichte, stürzt jetzt in erschreckend kurzer Zeit zu Thale und jagt unaufgehalten in's Niederland hinab, dort, statt erfrischend und befeuchtend, alles überschwemmend und verwüstend". Damit erklärt es sich unter anderen, dass der kleine Kuschwardabach am 19. Mai 1873 das erstemal seit Menschengedenken eine nie gesehene Ueberschwemmung verursachte und seither in schnellem Wechsel wasserarm und wasserreich wird, wie nie zuvor. [1]) Die Entsumpfung der Waldmoore an sich droht keineswegs in demselben Grade mit dem Wasser-

[1]) cf. v. Helfert, „Der verwüstete Böhmerwald" in den „Mittheilungen d. k. k. geogr. Gesellschaft in Wien" (1874) S. 529—537.

mangel in den Bächen und Flüssen oder aber mit deren plötzlichen Ueberschwemmungen, als vielmehr die Verheerung des Böhmerwaldes selbst. Man hat nämlich in der Ortschaft Aussengefield bemerkt, dass der Moldaubach, der an den Abhängen des Schwarzberges entspringt, noch vor 40 Jahren mehr als zweimal so viel Wasser bei seinem Normalstande besass, als gegenwärtig, ähnlich wie der unweit von ihm fliessende Seebach, ungeachtet dessen, dass Niemand noch im Sinne hatte, die Moore, denen diese beiden Bäche ihren Ursprung verdanken, zu entsumpfen. Die Abnahme ihres Wasservorraths ist dagegen einzig und allein die unmittelbare Folge der rapid zunehmenden Ausrodung des Böhmerwaldes, welchem Uebel auch zu verdanken ist, dass die noch unlängst sich durch Wasserreichthum auszeichnenden Quellen, die den Bergabhängen des Böhmerwaldes entspringen, gegenwärtig, und zwar erst seit 7 oder 8 Jahren in Sommermonaten gänzlich verschwinden. [1])

Wer wird fernerhin bestreiten wollen, dass die Wälder, die ja, wie wir sehen, so deutlich ein conservatorischer Factor in der Regelung der hydrologischen Verhältnisse ganzer Länder sind, im gleichen Masse, dank ihrer mechanischen und klimatischen Wirkung, ähnliche Conservatoren des Bodens selbst, auf dem sie wachsen, genannt werden dürfen? Wir sind weit entfernt, hier den wissenschaftlichen Streit näher zu prüfen und zu entscheiden, ob selbst schon die Steppen nicht gerade eine Bildung seien, die erst nach der Ausrodung der heutige Steppenländer ehemals bedeckenden Wälder entstanden sind. Wir wollen blos hervorheben, dass jedenfalls für eine ähnliche Behauptung folgende Gründe sprechen würden:

a) dass, wie man an den Steppen von Südrussland bemerkt hat, das Areal der Steppen noch immerfort im Wachsen begriffen ist, dass es somit ehemals bedeutend kleiner gewesen sein oder aber gänzlich nicht vorhanden gewesen sein muss;
b) dass, obgleich mehrere Schwierigkeiten erst überwunden werden mussten, die wiederholten Versuche der Bewaldung der Steppen sich hie und da in Russland nicht ganz fruchtlos erwiesen haben; [2])

---

[1]) s. v. Helfert „Die Entsumpfung des grossen Königsfilzes im Böhmerwald“ in den „Mittheilungen d k. k. geogr. Gesellschaft in Wien“ (1875) S. 193—201

[2]) Löffelholz-Colberg l. c. S. 272—276.

c) dass die heutige, den Steppen eigenthümliche Flora nicht nothwendig gerade eine ursprüngliche gewesen sein muss, da noch gegenwärtig wohl in Folge der Ausrodung der Wälder die Steppenflora z. B. in Ungarn immer weiter gegen Westen fortschreitet; [1]) und

d) dass, wenn die Erhaltung der heutigen Steppen — wie wir dies an anderer Stelle darzuthun trachteten [2]) — sich mit dem Mangel der periodischen, zu allen Jahreszeiten vorkommenden Niederschläge, oder, wie Rehman [3]) meint, vor allem mit dem Mangel der Niederschläge im Frühjahr, erklärt, diesen Mangel gerade erst die Ausrodung der ursprünglich auf den heutigen Steppen wachsenden Wälder und die damit Hand in Hand gehende Abnahme der relativen Luftfeuchtigkeit, die so entscheidend für die Bildung der atmosphärischen Niederschläge überhaupt ist, bewirkt haben können, so dass die ehemals die Niederschläge verursachenden Winde heutzutage sogar bei derselben absoluten Feuchtigkeit dennoch in Folge bedeutender Zunahme der Tagestemperatur in der warmen Jahreshälfte schon nicht mehr so periodisch wie früher den Regenfall mitzubringen im Stande sind.

Uebrigens droht die Ausrodung grösserer Waldreviere nicht nur mit der Umwandlung ganzer Ländergebiete in Steppen, wie dies auch wirklich in einigen Gegenden Spaniens geschehen ist, [4]) sondern, wenn diese Wälder die Ufergebiete gewisser Länder bedeckten oder auf einem sandigen Boden wuchsen, geradezu mit Umwandlung der betreffenden Gegenden sogar in Sandwüsten. Im ersten Falle nämlich verlieren auf einmal solche Ufergebiete die natürliche Schutzmauer vor dem Angriffe seitens der Sandmassen, welche von den Meereswogen stets von neuem ausgeworfen und hierauf durch die Winde landeinwärts getrieben werden; im zweiten Falle wiederum muss der Boden, schon nicht mehr vor der chemischen Wirkung der Luft sowie der Wärme und des Lichtes der Sonne geschützt, sich früher oder später mit einer verwitterten und in Sand und Staub zerfallenen

[1]) s. El. Reclus „*La Terre*“ II, S. 496.

[2]) s. „Die Wirkungen der Winde etc.“ 48. Ergänzungsheft zu Petermann's „Mittheilungen“ S. 14.

[3]) „Einige Notizen über die Vegetation der nördlichen Gestade des Schwarzen Meeres“ (Brünn 1872) S. 35 u. ffg.

[4]) s. El. Reclus „*Nouvelle géographie universelle*“ I, S. 685.

Decke überziehen, die der Wirkung der Winde ausgesetzt, sich nur zu bald in Sanddünen verwandeln muss, welche ebenso unfruchtbar an sich als gefährlich wegen ihres allmälichen Angreifens der benachbarten bevölkerten und bebauten Oertlichkeiten sind. Kein anderes Bild stellten nämlich noch bis in die neueste Zeit die Ufergebiete der Gascogne, die sogenannten Landes dar, bevor man sie von Neuem zu bewalden begonnen hat, und ein ganz gleiches Bild stellen noch jetzt nach Verlust ihrer uralten, ausgedehnten Waldungen die Ufergebiete von Ostpreussen und Pommern, sowie die westlichen Uferstrecken von Jütland dar. Es genügt auch zu erinnern, dass nach der Ausrodung der Wälder am Frischen und Kurischen Haff bereits mehrere Dörfer daselbst durch die heranrückenden Sanddünen verschüttet wurden, und dass ebenso unheilvoll für die anliegenden bebauten Felder sich die in Folge der Entwaldung ganzer Gegenden in Bewegung gerathenen Sandmassen auch innerhalb gewisser Länder, wie z. B. in Brandenburg oder in Ungarn, erwiesen. [1])

In anderen, zumal in gebirgigen Gegenden begegnet man wiederum einer anderen durch die Ausrodung grösserer Waldgebiete hervorgerufenen Erscheinung. Es treten dort nämlich ganze, der Humusdecke beraubte Berge zum Vorschein, die auch fernerhin unter der Wirkung der Temperaturschwankungen und der atmosphärischen Niederschläge um so schneller ihre ursprünglichen Formen einbüssen und von Tag zu Tag nur die Haufen der Felstrümmer, die sich unter ihren Füssen sammeln, vermehren. Wenn denn auch an ihren nackten Wänden und Abhängen plötzlicher als sonst die nach grösseren Regenfällen gestiegenen Bäche hinabstürzen, wenn wiederum die letzteren, dank ihrer zugenommenen Geschwindigkeit, mehr Gerölle mit sich fortbewegen und grössere Felsblöcke, als früher, mitzutragen im Stande sind, um mit denselben das eigene Bett zu verschütten, und wenn schliesslich dieselben angeschwollenen Bäche, in die Thäler hinabfliessend, ihre eigenen Ufer unterwühlen und eine ganze Reihe von allerart Breschen und Schluchten in ihrem Laufe aufweisen und endlich in die Flachländer als wahre Verkünder mannigfaltigster Calamitäten und Verheerungen hinabfallen . . . . , so ist alles dies blos eine weitere Folge der Ausrodung der Wälder in den Gebirgen. Eine solche und keine andere ist z. B.

[1]) s. Löffelholz-Colberg l. c. S. 36, 61, 194—196, 202—204 u. 265.

die Geschichte aller angeschwollenen Bäche in den Departements der französischen Alpen, wo besonders zu Ende des vorigen Jahrhunderts die Wälder im Uebermass ausgerodet wurden, und gleich ist die Geschichte der gegenwärtigen und früher in dem Grade gar nicht dagewesenen Ueberschwemmungen der Rhone oder der Garonne. Dasselbe geschieht in der Schweiz, wo nicht blos wie im Canton Wallis oder Tessin ganze Gebirgsthäler sich nach ihrer Waldentblössung in trostlose steinige oder sandige Wüsteneien verwandelten, sondern auch wo überdies stärkere Regengüsse, als sonst, und reissende Gebirgsbäche immer mehr die fruchtbare Humusdecke ganzer Gebirgsabhänge wegschwemmen, an denselben immer tiefere Klüfte und Schluchten aushöhlen und die weiter bergabwärts gelegenen Thäler 1—2 Meter hoch mit Felsblöcken und allerart Trümmergesteinen überschütten.

Dass in der Schweiz unter solchen Bedingungen sich auch die Unglücksfälle vermehren, verursacht durch die immer häufigeren Lawinenstürze oder durch die Abrutschungen ganzer Haufen der Felstrümmer, ist eine ebenso natürliche Sache als auch die Erscheinung, dass, ungeachtet man ursprünglich zur Ausrodung der Wälder geschritten, um sich mehr Weideplätze zu verschaffen, diese Weideplätze jetzt gerade immer mehr an Kräutern und Gräsern verarmen und sich in einen sterilen Felsboden verwandeln. Nicht besser verhält sich die Sache in Tirol oder in Italien, wo, wie Marschand sagt („Ueber die Entwaldung der Gebirge" Bern 1849). die Appenninen nach Verlust ihrer Wälder noch eine ungeheuere abschreckende Ruine darstellen, indem ihre Abhänge, sowie ihre den periodischen Ueberschwemmungen der Gebirgsbäche ausgesetzten Thäler mit einer Reihe von Felsschutthaufen bedeckt sind, so dass in Folge dessen die letzteren, von den Bewohnern nach und nach verlassen, den Anblick einer wahren Einöde annehmen. [1]) Wie sehr in derselben Weise durch die Ausrodung der Wälder die Physiognomie der Tatra-Gebirge bereits umgestaltet wurde und noch fortwährend verunstaltet wird, wie sehr auch die Tatra-Gebirge schon der appenninischen „Ruine" gleichen, wäre vielleicht überflüssig erst darzulegen, da wohl Jedermann davon weiss, wer sie, wenn auch nur einmal, von einem ihrer Gipfel überschaute, oder aber irgendwo ihre treue Beschreibung las.

---

[1]) s. Löffelholz-Colberg l. c. S. 65—67, 75—89, 93. 98—107.

Wenn wir, an's Ende unserer die Wälder betreffenden Betrachtungen angelangt, noch hinzufügen, dass der Einfluss der Wälder ebenso wie in hervorgehobenen Beziehungen auch auf die Hygiene, auf den Gesundheitszustand der Bewohner ganzer Ländergebiete nicht unbedeutend ist — und zwar dadurch, dass die Wälder bald in sich allerart Miasmen aus der Luft einsaugen, bald wiederum ein mechanisches Hinderniss für die Ausbreitung derselben bilden [1] —, und wenn wir diese so zahlreichen und mannigfaltigen Wirkungen der Wälder noch einmal überblicken, so ist es, fürwahr, nicht schwer, in den Wäldern eine der wichtigsten Bedingungen der Wohlfahrt ganzer Länder zu erkennen. Augenscheinlich nämlich sind die Wälder nicht blos Magazine allerart Bau- und Brennmaterials, sondern auch, wie wir uns überzeugt haben, zugleich ein Haupt-Regulator der Wärme und der Feuchtigkeit der Luft und des Bodens, sowie der Ergiebigkeit der Quellen und des Wasserstandes der Flüsse, und wiederum eine natürliche Schutzdecke der Gebirge und der Felder vor der verheerenden, erodirenden Wirkung der Winde und der aus der Atmosphäre niederfallenden, sowie der fliessenden Gewässer. Mit allem Rechte könnte man denn auch die Wälder „Sparcassen" nennen, in denen die vorsorgende Natur selbst für den Menschen unberechenbare Capitalien niedergelegt hat, und deren Zahlungsfähigkeit wohl so lange assecurirt ist, als der leichtsinnige, oder auf den vorübergehenden Gewinn habsüchtige Mensch nicht selbst in Versuchung geräth, das Gleichgewicht sowohl in der Bilanz seines eigenen als auch des Haushalts der Natur zu stören. Um so grösser erscheint aber die Bedeutung der Wälder aus dem Grunde, dass sie ja doch ihre umfangreiche Bestimmung nicht blos für heute und für ihre gegenwärtigen Besitzer erfüllen, sondern dass sie auch gleichzeitig ein gemeinsames Vermögen ganzer Länder bilden und mit ihrem heutigen Zustande geradezu über den Wohlstand der zukünftigen Geschlechter entscheiden.

In den neuesten Zeiten, wo der rasche Fortschritt der Wissenschaften und der Industrie einerseits und die leicht sich sammelnden Capitalien andererseits dem Menschen immer mehr Mittel zur Befriedigung seiner mannigfachsten Bedürfnisse verschaffen, verspricht der Mensch noch ungleich mächtiger als

[1]) s. Ebermayer l. c. S. 246—248 und 264—266

durch die Ausrodung der Wälder die localen klimatischen Bedingungen zu modificiren. Er hat nämlich nichts geringeres im Sinne, als ganze, bis jetzt für die Cultur unwirthbare Territorien unter das Meerwasser zu setzen, oder, was auf eins herauskommt, das Areal des Oceans auf Kosten des festen Landes zu vergrössern und somit die Verdunstung des Meerwassers zu vermehren, sowie in Folge dessen reichlichere atmosphärische Niederschläge in den Gegenden, die mit jenen zukünftigen Binnenmeeren in unmittelbare Berührung kommen würden, zu bewirken. Es sind dies zwar noch lauter Projecte, und sie haben im Auge bald die sumpfigen Salzseen oder die sogenannten Chotten in Tunis und Algerien (Project des französischen Capitains Roudaire),[1]) bald die mittlere Depression der westlichen Sahara (Project des Engländers J. A. Skertchly,[2]) bald endlich die Wüste Colorado[3]) unter Wasser zu setzen. Mit alledem genügt es in unseren Tagen, ähnliche Projecte blos aufzustellen und ihre Vortheile darzulegen, und gewiss werden sie nicht lange auf ihre Verwirklichung warten lassen. Wir sind weit entfernt, an dieser Stelle die erwähnten Projecte einzelnweise zu discutiren, sie nach ihrer technischen Seite zu prüfen und somit über die Chancen der Verwirklichung derselben zu urtheilen. Wir begnügen uns blos mit der Bemerkung, dass es in der That sonderbar ist, dass ähnliche Projecte, anstatt eine allgemeine Zustimmung zu finden, bereits zu wiederholtenmalen den Anlass zu allerart Klagen und Befürchtungen gegeben haben, wie etwa, die Unterwassersetzung eines Theiles der Sahara möchte mit Erkaltung des Klimas von Europa drohen. Indessen hat Professor Hennessy in Dublin die gänzliche, wie wir glauben, Grundlosigkeit ähnlicher Befürchtungen, die übrigens auf der Illusion beruhen, die Sahara sei ein Ofen Europas, dargethan, indem er sich dabei darauf berief, dass das Wasser, welches sich ja durch die grösstbekannte specifische Wärme auszeichnet, ein viel besserer Aufbewahrer der Wärme als das Festland ist, zumal in Nordafrika, wo kalte Nächte gerade ein beredtes Zeugniss von ungeheuerer Wärmestrahlung in den

[1]) s. Roudaire „*Etudes relatives au projet de mer intérieure*“ (Paris 1877).

[2]) s. „*l'Explorateur*“ (1875) S. 503.

[3]) s. Petermann's „Mittheilungen“ (1874) S. 150; „*Nature*“ Vol. 20, S 16 und „Deutsche Rundschau f. Geogr. u Stat.“ I, S. 523.

Weltraum abgeben, dass somit die Unterwassersetzung eines Theiles der Sahara geradezu eine den oben erwähnten Befürchtungen ganz entgegengesetzte Folge haben muss, nämlich die Erhaltung einer mehr einförmigen Temperatur in den betreffenden Theilen der Sahara. Einen solchen Stand der Dinge aber treffen wir gerade am Rothen Meere, wo die Luft ungefähr eine gleich hohe Temperatur am Tage wie in der Nacht besitzt.[1]) Ja, die Unterwassersetzung grösserer Theile der Sahara würde nicht blos für die diesen Theilen am nächsten gelegenen Gegenden dieser Wüste eine äusserst wohlthätige klimatische Reform — zumal betreffs der atmosphärischen Niederschläge und des Verlaufs der Tagestemperatur — in Aussicht stellen, sondern würde auch wahrscheinlich nicht ohne Einfluss auf die bisherigen klimatischen Bedingungen von Südost-Russland, der Gegenden des Kaspischen Meeres, von Mesopotamien bleiben, wohin gegenwärtig — nach Dove[2]) — lediglich trockene, gerade aus Afrika herstammende Antipassate gelangen. Auf diese Weise nun, aber nur auf diese Weise würde der Mensch im Stande sein, auch das Klima mancher der gegenwärtigen Steppen zu modificiren, ja sogar dieselben mit Wäldern zu bedecken, die sie heutzutage nicht besitzen, weil sie wegen des Mangels der zu allen Jahreszeiten sich vertheilenden atmosphärischen Niederschläge geradezu nicht besitzen können. Beiweitem grössere Veränderungen würde freilich die Menschheit sowohl in den klimatischen als auch in den culturellen Bedingungen der alten Welt herbeiführen, wäre sie beispielsweise im Stande, die einstigen miocänen oder diluvialen Binnenmeere in der Wüste Gobi und im West-Turkestan herzustellen — Binnenmeere, an deren Gestaden einstens die chinesische einerseits und die indoeuropäische Urcultur andererseits ihren Ursprung genommen,[3]) welche Binnenmeere aber mit der Zeit in Folge der Verdunstung gänzlich austrockneten, die sesshaften Chinesen und Arier dadurch zur Auswanderung zwangen und dafür ihren entblössten, ehemaligen Meeresboden in eine verödete Stätte für die Cultur der nomadisirenden Steppenvölker verwandelt haben.

---

[1]) s. „*Nature*“ Vol. 12, S. 405.

[2]) „Ueber Eiszeit, Föhn und Scirocco“ (Berlin 1867) S. 13—16.

[3]) cf. F. v. Richthofen „China“ I (Berlin 1877), S. 300 und ffg. und 404—415.

II.

Veränderlichkeit des Klimas in der geologischen Vergangenheit der Erde.

Nachdem im Vorhergehenden die Veränderlichkeit des Erdklimas in historischen Zeiten, nebst den Ursachen dieser Veränderlichkeit nachgewiesen wurde, erübrigt uns nur noch das terrestrische Klima der früheren Perioden der Erdgeschichte in Betracht zu ziehen, um mittelst der aus der Geologie geschöpften Daten desto besser noch das Gesetz der Veränderlichkeit des Klimas im allgemeinen begründen zu können. Unsere Aufgabe soll aber nicht so sehr in dem Nachweis der Veränderungen, denen das Erdklima in früheren geologischen Perioden unterlag, bestehen — denn dies ist bereits eine seit lange her durch die Geologen festgestellte und bewiesene Sache —, als vielmehr in der Darlegung der Ursachen, derentwegen das Klima schon seit ältesten Zeiten gleich wie gegenwärtig den fortwährenden Veränderungen unterworfen war.

Ursprünglich, als die Erde noch im gasförmigen Zustande sich befand, musste dieselbe unzweifelhaft auf ähnliche Art wie heutzutage die Sonne eine Temperatur von etlichen Tausend Grad Celsius besessen haben; aber auch später, als sie in den Zustand einer gluthflüssigen Masse übergegangen ist, konnte sie circa 1000° C. aufweisen, seit welcher Zeit gewiss neue Millionen von Jahren verflossen sind, bis sie sich bis zu einer Temperatur von 100° oder 80° C. abgekühlt hat. Wenigstens hat Professor Helmholtz aus Rücksicht auf die Zeit, die zur Abkühlung der vulkanischen Laven erforderlich ist, dargethan, dass zur Abkühlung der Erde von einer Temperatur von 1100° C. bis zur Temperatur von 100° C. ungefähr 350 Millionen Jahre erforderlich waren. [1])

Bei einer so hohen, eigenen Temperatur der Erde musste anfänglich die Wirkung der Sonne auf unseren Planeten natürlich

[1]) cf. Dana „*Manual of geology*“ (2. Edit.) S. 146—148.

fast gleich Null bleiben, so dass in den entlegensten Epochen der Erdgeschichte noch fast keine Spur von dem gewesen, was wir heute Klima zu nennen pflegen, da damals noch in allen geographischen Breiten der Erdoberfläche eine gleich hohe Temperatur herrschen musste. Erst, als die Erde sich so weit auf ihrer Oberfläche abgekühlt hatte, dass die aus ihrem Innern durch die Leitung hinströmende Wärme keineswegs den Verlust der Wärme ersetzte, den die Erde in Folge der fortwährenden Strahlung derselben in den Weltraum erlitt, erst dann konnte die Insolation, d. h. der Einfluss der Sonnenwärme beginnen, und dann erst mussten die ersten, wiewohl anfänglich noch nicht so deutlich wie heutzutage sich manifestirenden klimatischen Unterschiede in verschiedenen geographischen Breiten der Erde eintreten. Allein auch viel später noch, wiewohl der Abkühlungsprocess der Erde keineswegs aufhörte, musste die Temperatur der ganzen Erdoberfläche, sowie der Erdatmosphäre, eine etwas höhere sein als gegenwärtig, und zwar aus dem Grunde, dass die Erdatmosphäre wahrscheinlich, obgleich sie nach dem Flüssigwerden und hierauf dem Festwerden der ursprünglich gasförmigen Erdmasse bedeutend von früheren Gasen und Ausdünstungen gereinigt wurde, noch ungeachtet dessen durch längere Zeit in höherem Grade als gegenwärtig vor allem mit Kohlensäure, die gerade nach der Ansicht der meisten Geologen für die spätere Pflanzenwelt von so entscheidender Bedeutung sein sollte, überfüllt werden mochte. Indem sie aber mit derartigem Gas gesättigt war, liess sie freilich mit Leichtigkeit die lichten Strahlen der Sonnenwärme durch, um so schwieriger aber liess sie die dunklen, der Erde entstammenden Wärmestrahlen in den kalten Weltraum hindurchdringen, so dass in Folge dessen die Oberfläche und die Atmosphäre der Erde sich gleichsam in ähnlichen Bedingungen befanden, wie die Pflanzen in unseren Treibhäusern, und zwar die Temperatur des Bodens und der Luft musste damals eine höhere sein als gegenwärtig. [1]) Ohne Zweifel konnten neben dieser zwar noch hypotetischen, aber jedenfalls tiefsinnigen Ursache auch noch andere Factoren ihren Einfluss auf die Temperaturerhöhung der Oberfläche und der Atmosphäre der Erde in entlegeneren geologischen

---

[1]) cf. Tyndall „*Heat a mode of motion*“ (5. Edit.) S. 388—394 und Sterry Hunt „*Chemical and geological Essays*“ (Boston and London 1875) S. 35—45.

Perioden ausüben, und in Betreff welcher schon mit voller Sicherheit behauptet werden kann, dass nicht nur in der heutzutage gemässigten, sondern — und dies vor allem — sogar in der arktischen Zone einst ein von dem gegenwärtigen viel wärmeres Klima herrschte, so dass nach O. Heer noch im Beginn der Kreideformation in Grönland ein ähnliches Klima wie etwa gegenwärtig dasjenige der Canarischen Inseln oder Aegyptens und selbst noch zur Zeit der miocänischen Formation in der arktischen Welt ein Klima anzunehmen ist, dessen sich heutzutage das Mittel-Europa erfreut. [1]) Zu diesen Factoren gehörten nach den Einen, insbesondere nach Sartorius von Waltershausen, [2]) die Wärme des Erdinnern, welche in früheren geologischen Perioden in grösserer Menge der Oberfläche und Atmosphäre der Erde zuströmen sollte; nach den Anderen, wie nach Lyell, [3]) eine von der gegenwärtigen verschiedene Vertheilung der Festländer und der Oceane auf der Erde und namentlich das Vorwiegen des Wassers an den Polen, der Festländer aber am Aequator; nach Poisson das Verweilen der Erde in wärmeren Welträumen; nach Anderen endlich eine einst im Vergleich zur gegenwärtigen höhere Temperatur der Sonne [4]) oder aber eine einst vom Monde der Erde zugeschickte Wärme. [5]) Und in der That, es ist kein Grund vorhanden, irgend welchen der genannten Factoren für unmöglich zu halten, da die Erde ebenso früher wie gegenwärtig dem fortwährenden Abkühlungsprocesse unterworfen ist, d. h. immerfort ihre eigene, innere Wärme verliert, da auch die Vertheilung des Festen und des Flüssigen auf der Erde den beständigen Veränderungen unterliegt, während die von Huggins durch photometrische Forschungen festgestellte ungleichmässige Wärmestrahlung der Fixsterne geradezu schliessen lässt, dass in verschiedenen Theilen des

---

[1]) s. A. E. Nordenskiöld „*On the former Climate of the Polar-Regions*“ in „*The geological Magazine*“ (1875) S. 525—532 und Grisebach „Fortschritte in der Pflanzengeographie“ in Behm's „geogr. Jahrb.“ (1876) S. 220 u. ffg.

[2]) „Untersuchungen über die Klimtae der Gegenwart und der Vorwelt mit besonderer Berücksichtigung der Gletscher-Erscheinungen in der Diluvialzeit“ in „*Natuurkundige Verhandelingen van de Hollandsche Maatschapji der Wetenschappen te Haarlem*“ 1865 (23. Deel) S. 146—157 und 315—367.

[3]) „*Principles of geology*“ (12. Edit.) I, S. 263—271.

[4]) s. Pfaff „Allgemeine Geologie als exacte Wissenschaft“ (Leipzig 1873) S. 38—39.

[5]) s. „*Nature*“ Vol. 19 (1878), S. 33.

Weltraumes auch eine verschiedene Temperatur herrschen muss, der Mond aber sich einst wirklich eigener Wärme erfreute und somit, wie William Davies behauptet,[1]) in irgend einer Zeit der Vergangenheit der Erde nicht ohne Einfluss auf das Erdklima sein durfte, und die Sonne endlich, wie alles in der Natur, dem Entwicklungsgesetze unterliegen und somit als Sonne ein begrenztes Dasein haben, d. h. sich der Zeit nähern muss, wann sie wird aufhören müssen, ein mit eigenem Lichte leuchtender Stern zu sein.

In einer viel grösseren Verlegenheit fanden sich die Geologen, als sie im Uebergange von den tertiären zu den gegenwärtigen Formationen unvermeidlich auf die Frage stossen mussten, was der Grund wäre, dass in der sogenannten Eiszeit die Alpengletscher nicht nur beispielsweise den Genfer- und den Bodensee vollends mit eigener Eismasse überdeckten, sondern auch weit über dieselben hinaus reichten, während sie andererseits bis zum Meere, welches noch die heutige Lombardei überfluthete, sich erstreckten, dass England und Skandinavien vielmehr dem heutigen, mit ewigem Eise bedeckten Grönland ähnlich waren, dass die von den Gletschern Finlands und Skandinaviens sich absondernden Eisberge in ihren Wanderungen bis an den Harz, den Thüringer Wald, die Erzgebirge oder die Karpathen gelangten, während die gegenwärtig im fernen Norden lebenden Thiere im mittleren Europa ihre Wohnstätte hatten.[2]) Für die Lösung dieser Frage arbeitete denn auch schon eine ganze Reihe der tüchtigsten, zum Theile aber auch, leider, der unberufensten Köpfe, so dass vielleicht keine der wissenschaftlichen Fragen bis heutzutage eine gleich grosse Zahl bald mehr bald weniger treffender Antworten aufzuweisen hat. Mit alledem lassen sich doch die gesammten Hypothesen und Theorien, die in dieser Hinsicht aufgestellt worden sind, in zwei Hauptkategorien theilen. Die einen trachten nämlich die Ursachen der Eiszeit in den Veränderungen der kosmischen Bedingungen, die anderen wiederum in den Veränderungen der tellurischen Bedingungen des Klimas aufzusuchen.

Zu den Theorien, die die Eiszeit mit Hilfe der kosmischen Ursachen zu erläutern versuchten, ist zuerst die Theorie Poisson's hinzuzählen („*Theorie mathematique de*

[1]) Ibidem.

[2]) cf. Prof. Th. Kierulf „Die Eiszeit“ Berlin 1878.

la chaleur“ 1835), laut welcher die Erde, sammt dem ganzen Sonnensysteme durch immer neue Theile des Weltraumes sich bewegend, die Räume von verschiedenen Temperaturen durchlaufen soll und somit auch auf ihrem Wege kälteren Räumen begegnen konnte als diejenigen, welche sie vor oder nach der Eiszeit durchwanderte. Die Anwendung dieser Theorie zur Erklärung der Eiszeit blieb jedoch in der gelehrten Welt ohne irgend einen Widerhall. Ein ähnliches Los erfuhr die Theorie von Frankland (im „*Philosophical Magazine*“ August 1864), der sich die Eiszeit als Folge der ungleichen Abkühlung der Festländer und der oceanischen Gewässer vorstellte, nämlich, dass, da die letzteren eine viel grössere specifische Wärme besitzen, der zwischen der Temperatur der Festländer und derjenigen der Meere entstandene Unterschied eine viel grössere Verdampfung des Wassers und somit auch viel reichlichere Niederschläge verursachen, die letzteren aber — zumal in den Gebirgen — den Anlass zur Anhäufung grösserer Schnee- und Eismassen geben sollten. Diese Theorie musste, wie gesagt, fallen, da Frankland augenscheinlich noch die Antwort darauf schuldig geblieben ist, warum, da, wie die Geologen allgemein annehmen, der Abkühlungsprocess der Erde stets ohne Unterbrechung fortdauert, die angebliche Kälte, die während der Eiszeit herrschen sollte, gegenwärtig nicht nur nicht zugenommen, sondern sogar abgenommen hat.

Besonders ruchbar, wiewohl unverdient, wurden die Theorien von der periodischen Wiederkehr der Eiszeiten im Laufe der Erdgeschichte. Zu denselben könnte bereits die Theorie von Agassiz („*Etudes sur les glaciers*“ Neuchatel 1840) gezählt werden, der nach dem Beispiele der früheren Katastrophisten annahm, dass zu Ende jeder geologischen Periode beinahe die ganze Oberfläche der Erde mit einer mächtigen Eisdecke umhüllt wurde, in Folge dessen jedesmal alle organischen Wesen zugrunde gingen, worauf wiederum eine neue Epoche der Erdgeschichte von einer etwas niedrigeren Temperatur begann als in der vorangehenden Periode und neue organische Wesen auftraten. Eigentlich der erste aber, der die Periodicität der Eiszeit näher zu begründen trachtete, war erst der französische Mathematiker Adhémar („*Les revolutions de la mer*“ 1842). Wie es scheint, gab ihm den Anlass dazu die Bemerkung Alexanders von Humboldt (in der Schrift „*sur les*

lignes isothermes« 1817), die südliche Hemisphäre sei gegenwärtig etwas kälter als die nördliche, und zwar deswegen, weil sie einen um acht Tage längeren Winter als die nördliche Hemisphäre hat. Die Beweisführung Adhémar's liesse sich etwa folgendermassen in Kürze zusammenfassen. Die Tagesstunden der nördlichen Halbkugel sind gegenwärtig zahlreicher als die Nachtstunden, während im Gegentheil auf der südlichen Hemisphäre nur 4294 Tagesstunden auf 4464 Nachtstunden kommen. Aus dem Grunde ist denn auch nothwendigerweise die mittlere Jahrestemperatur der südlichen Halbkugel eine niedrigere, da während längerer Nächte daselbst mehr Wärme in den Weltraum ausstrahlen muss als auf der nördlichen Hemisphäre, wo dagegen in Folge eines entgegengesetzten Verhältnisses der Anzahl der Tagesstunden zu derjenigen der Nachtstunden stets ein Ueberschuss der Wärme verbleibt. Dieser Umstand nun gestattet gegenwärtig grösseren Eismassen von sogar einer Meile Mächtigkeit sich am Südpol anzusammeln, was wiederum denselben so sehr beschwert, dass dadurch sogar der Schwerpunkt der Erde beeinflusst, und zwar nach Süden verschoben wird und die Verschiebung des letzteren die Ansammlung grösserer Massen der oceanischen Gewässer auf der südlichen Hemisphäre verursacht. Der Grund aber der grösseren Anzahl der Nachtstunden, sowie zugleich des längeren Winters auf der südlichen Halbkugel besteht in nichts anderem als in der elliptischen Form der Erdbahn um die Sonne und in dem retrograden Vorrücken der Aequinoctialpunkte. Da nun die genannten Punkte sammt der Absidenlinie ihren ganzen Kreislauf in einer Zeit von etwa 21.000 Jahren vollenden, so verbleibt ihre gegenwärtige Lage und somit die Länge der Jahreszeiten auf beiden Halbkugeln nicht unverändert, im Gegentheil werden gerade nach etwa 10.500 Jahren, von 1248 n. Chr. an gerechnet, für die nördliche Halbkugel ähnliche Verhältnisse eintreten müssen, in welchen sich gegenwärtig die südliche Halbkugel befindet. Dieselbe periodische Veränderung der klimatischen Verhältnisse beider Hemisphären fand nun nach Adhémar auch in früheren geologischen Perioden statt.

Während Adhémar sich in seinen Ausführungen vor allem auf die ungleiche Vertheilung der Tages- und Jahreszeiten auf beiden Hemisphären der Erde stützte, trat wiederum der Engländer James Croll seit 1864 bis 1875 mit einer Reihe

von Abhandlungen auf,[1]) in denen er zu beweisen trachtete, dass der mächtigste Factor in der ungleichen Vertheilung der Wärme auf beiden Erdhalbkugeln und somit die Hauptursache ihrer periodisch wiederkehrenden Eiszeiten die veränderliche Excentricität der Erdbahn selbst sei. Diese Excentricität, gegenwärtig einen Werth von 333.500 geogr. Meilen darstellend, betrug vor 30.000 Jahren 1,550.000 geogr. Meilen, in Folge dessen der Unterschied zwischen den Entfernungen der Erde von der Sonne im Perihelium und Aphelium damals einen Werth von sogar 3,110.000 geogr. Meilen erreichte. Dieser Umstand nun kann nach Croll nicht ohne Einfluss auf das Klima jener Halbkugel sein, deren kurzer Sommer während des Periheliums und langer Winter während des Apheliums vorkommt, und zwar gerade noch zur Zeit der grössten Excentricität der Erdbahn. Dann musste und muss jedesmal jene Halbkugel sich mit einer grösseren Eismasse bedecken.

Eine von der obigen etwas verschiedene ist die Anschauungsweise Heinrich Schmick's, Professor in Köln,[2]) über die Ursache der Eiszeit. Derselbe geht von dem Grundsatze aus, dass die veränderliche Lage der Erde der Sonne gegenüber nicht ohne Einfluss auf die Vertheilung der oceanischen Gewässer auf der Erde sein kann. Gegenwärtig wirkt die Anziehungskraft der Sonne am mächtigsten auf die südliche Hemisphäre, da der Sommer dort zur Zeit des Periheliums eintritt. Da nun aber dieses Verhältniss schon 5871 Jahre dauert (und ausserdem noch 4629 Jahre, d. h. zusammen 10.500 Jahre dauern wird), so musste als Folge dessen eine grössere Anhäufung der oceanischen Gewässer auf der südlichen Halbkugel sein. Den Umstand aber, dass das sich dort in grösseren Quantitäten ansammelnde Meerwasser auf die nördliche Halbkugel nicht zurück abfliesst, erklärt

[1]) Das Gesammtbild seiner Theorie hat er im Werke „*Climate and time in their geological relations — a theory of secular changes of the Earth's Climate*“ (London 1875) geschildert.

[2]) Seine diesbezüglichen Schriften sind: „Die Umsetzung der Meere und die Eiszeiten der Halbkugeln der Erde, ihre Ursachen und Perioden“ (Köln 1869). — „Thatsachen und Beobachtungen zur weiteren Begründung der neuen Theorie einer Umsetzung der Meere und eines gleichzeitigen Wechsels der Eiszeiten auf beiden Halbkugeln der Erde“ (Görlitz 1871). — „Die neue Theorie periodischer seculärer Schwankungen des Seespiegels“ (Münster 1872). — „Das Flutphänomen und sein Zusammenhang mit den seculären Schwankungen des Seespiegels“ (Leipzig 1874). — „Die Aralo-Kaspi-Niederung und ihre Befunde im Lichte der Lehre von den seculären Schwankungen des Seespiegels“ (Leipzig 1874).

Schmick damit, dass die Anziehungskraft der Sonne sich auf der nördlichen Hemisphäre um $^{1}/_{30}$ schwächer manifestirt als auf der südlichen, und dass ausserdem jedesmal ein Theil des Wassers in der Umgebung des Südpols zufriert und somit nicht mehr im Stande ist, auf die nördliche Halbkugel zurückzukehren. Eine ähnliche Vertheilung des Festen und des Flüssigen, die wir heutzutage auf der südlichen Halbkugel antreffen, fand nun vor 9298 Jahren auf der nördlichen statt, d. h. als zu Sommerszeit der letzteren die Erde sich im Perihelium, zu Winterszeit aber im Aphelium befand, als somit ihr Winter um 8 Tage länger als der Sommer und im Laufe von 10.500 Jahren um 115 Jahre und 25 Tage länger gewesen. Nähme man aber, meint Schmick, nur die Hälfte dieser Anzahl von Jahren, also etwa 59 Jahre an, in denen sich das Eis bildete, und wiederum in jedem dieser Jahre täglich eine Eisschichte von blos 1 Zoll Mächtigkeit, so würde schon im Laufe dieser Zeit eine 1734 Fuss Mächtigkeit betragende und demnach eine hinreichend mächtige Eisschichte sich bilden müssen, um aus derselben alle Phänomene der Eiszeit erklären zu können. In einer seiner letzten Abhandlungen [1]) will Schmick noch obendrein beweisen, dass auch die flüssigen Massen des Erdinnern auf ähnliche Art wie die Gewässer der Oceane der Attraction der Sonne und des Mondes Rechnung tragen, dass auch sie wechselweise sich bald mehr auf der nördlichen, bald mehr auf der südlichen Halbkugel ansammeln, was abermals zur Verschiebung des Schwerpunktes der Erde beiträgt, und dass die dadurch verursachte Verschiebung des letzteren noch mehr der Ansammlung grösserer Massen der oceanischen Gewässer bald auf der nördlichen, bald auf der südlichen Halbkugel förderlich ist.

Es würde uns zu weit führen, wollten wir uns in eine eingehendere, sonst unseres Erachtens gänzlich unproductive Kritik der soeben dargestellten Theorien von den kosmischen Ursachen der Eiszeit — zumal der Theorien Adhémar's, Croll's und Schmick's einlassen. Es genügt zu sagen, dass während z. B. die Ausführungen Schmick's anfänglich in Deutschland ein ungewöhnliches Aufsehen erregten, und zwar dermassen, dass Professor Völker („kosmogonische Vorträge“ Schaffhausen 1872) nicht einmal sich zu äussern scheute, die Lehre Schmick's sei vollkommen dasselbe für die Deutung der geologisch-klimatischen Bedingungen der Erde, was seinerzeit die Lehre von Copernicus

[1]) „Sonne und Mond als Bildner der Erdschale“ (Leipzig 1878).

für die Erklärung des Planetensystems gewesen,[1]) dagegen Peschel und Bruhns[2]) in derselben Behauptungen bemerkt haben, die geradezu den Grundsätzen wie diejenigen von Kepler, Newton und Laplace hohnsprechen. Auch in Betreff der Theorien Adhemar's und Croll's ist es genug, daran zu erinnern, dass der Sommer der nördlichen Halbkugel keineswegs kühl und der Winter der südlichen Hemisphäre nicht streng ist, wie dies etwa daraus folgen würde, dass während dieser Jahreszeiten die Erde im Aphelium sich befindet, und dass auch der Sommer der südlichen Halbkugel gar nicht heiss und der Winter der nördlichen gar nicht mild ist, was wiederum die Folge dessen sein sollte, dass die Erde damals im Perihelium verbleibt; im Gegentheil verhält sich die Sache ganz entgegengesetzt, d. h. der Sommer der nördlichen Hemisphäre ist heiss und der Winter streng, der Sommer aber der südlichen Halbkugel kühl und der Winter mild, und was ganz einfach gerade nur eine Folge der Vertheilung des Festen und des Flüssigen ist, welcher wir gegenwärtig auf der Erdkugel begegnen. Eine derartige Sachlage giebt aber ein beredtes Zeugniss dafür ab, dass der Einfluss dieser und keiner anderen Vertheilung der Festländer und der Meere auf das Klima, respective auf die thermischen Verhältnisse beider Hemisphären insbesondere beiweitem mächtiger ist, als der Einfluss einer grösseren oder geringeren Entfernung der Erde von der Sonne, und somit auch mächtiger als der Einfluss der verschiedenen Länge der Jahreszeiten oder aber der verschiedenen Anzahl der Tages- und Nachtstunden auf beiden Halbkugeln. Zwar, wie bekannt, erklärt sich unter anderen kein geringerer Naturforscher, als gerade Charles Darwin in seinem berühmten Werke „Ueber die Entstehung der Arten"[3]) für die Croll-sche Theorie der Eiszeiten, indem er nämlich die Eiszeit als ein periodisch und wechselweise bald die eine, bald die andere Halbkugel heimsuchendes Ereigniss auffasst und diese Theorie mit der eigenen Lehre von der Wanderung der arktischen Flora nach Süden bis an den Aequator in Einklang zu bringen sucht; allein, wer sieht

---

[1]) Die betreffenden Worte Völker's lauten: „Wir dürfen Dr. Schmick als den Gründer einer für das Verständniss der geologischen Gestaltung unserer Erde ebenso wichtigen Lehre betrachten, wie es Copernicus für die Erklärung des Planetensystems war." s. Pilar „Ein Beitrag zur Frage über die Ursache der Eiszeiten" (Agram 1876) S. 30, Note 1.

[2]) „Ueber die angeblichen Schwankungen des Schwerpunktes unserer Erde" im „Ausland" (1875) S. 71.

[3]) (Stuttgart, 1876) S. 432 u. ffg.

es nicht ein, wie viel sich gegen diese auf einer Hypothese Croll's aufgebaute Hypothese Darwin's sagen liesse, der ja sonst selbst in demselben Werke ausdrücklich sagt: „wir dürfen nicht vergessen, dass viele Gattungen aus allen Classen ausserordentlich alten Ursprungs sind und daher genügende Zeit war zur Verbreitung und zur Modification derselben". Uebrigens erfuhr, und zwar insbesondere die Theorie Croll's eine strenge Kritik von Seite des H. Simon Newcomb, auf die wir auch die sich dafür mehr Interessirenden verweisen, und wo nach Hervorhebung einer Reihe falscher Voraussetzungen, auf welche sich Croll stützte, gesagt wird: „*we cannot therefore regard Mr. Croll's theory of a connection between the form and position of the earth's orbit and the glacial epoch as having any reasonable show of foundation*".[1]) Somit muss auch die Theorie von Dr. G. Pilar, Professor der Geologie in Agram,[2]) der, wiewohl er die Anschauungen Schmick's verwirft, dennoch mit demselben die Möglichkeit der Ansammlung bedeutender Eismassen an dem Pole jener Halbkugel, deren Winter während des Apheliums stattfindet, annimmt, mit Croll aber die Hauptursache dessen in der veränderlichen Excentricität der Erdbahn findet, schliesslich fallen, und zwar umsomehr, da dieser Anhäufung der Eismassen und demnach auch der Verschiebung des Schwerpunktes der Erde einerseits die fortwährend von den Gletschern der antarktischen Welt sich absondernden Eisberge, die ja bekanntlich gegen den Aequator wandern und unterwegs abschmelzen, sich widersetzten, sowie der Druck, den die Eismasse auf sich selbst ausübt, und welcher Druck, wenn er eine gewisse Grenze übersteigen würde, die Eismasse sofort zum theilweisen Abschmelzen brächte, andererseits wiederum die angebliche Ansammlung des Meerwassers auf der südlichen Halbkugel durch die beständige Wanderung desselben gegen Norden, sogar weit hinaus über den Aequator, wie sie gerade während der Expedition „Challenger's" festgestellt wurde, gehindert wird. Wie dies aber ebenfalls die neuesten Tiefseemessungen dargelegt haben, ist der Ocean auf der südlichen Halbkugel keineswegs tiefer,[3]) und

---

[1]) s. „*American Journal of Sciences and arts*" (1876) April. S. 263—273.

[2]) „Ein Beitrag zur Frage über die Ursache der Eiszeiten" S. 49 uffg.

[3]) s. darüber des Verfassers: „*Zarys geografji fizycznej oceanu*" *w Przewodniku naukowym i liter, Lwów 1877, Styczen i Luty* („Abriss der physischen Geographie des Oceans" im „wissenschaftl. u. liter. Führer" (Lemberg 1877). Januar- u. Februar-Heft).

was noch Schmick und Pilar für ausgemacht halten. Endlich spricht noch gegen die letzteren und gegen Croll der wichtige Umstand, dass in früheren geologischen Perioden nirgends Spuren vorzufinden sind, welche nachweislich darlegen würden, dass eine allgemein herrschende Eiszeit zu wiederholtenmalen während der Erdgeschichte aufgetreten wäre, und zwar einmal die eine, ein anderes Mal die andere Hemisphäre heimgesucht hätte. Wenn irgendwo, so müssten gewiss in der arktischen und subarktischen Zone ähnliche Spuren sich noch am leichtesten auffinden und feststellen lassen. Indessen verwerfen Heer[1]) und Nordenskiöld,[2]) die beiden der besten Kenner der arktischen Welt, entschieden die lediglich auf theoretischer Speculation aufgebaute Hypothese, die da auf der Erde abwechselnd auf sich folgende warme und kalte Klimate bereits seit den ältesten bis zu den gegenwärtigen Zeiten der Erdgeschichte involvirt. Demnach ist denn auch die Muthmassung Secchi's,[3]) laut welcher die Sonne neben der elfjährigen Periode ihrer Fleckenerscheinung möglicherweise noch eine andere, viel längere Periode einer beiweitem stärkeren Absorption ihres Lichtes und ihrer Wärme durch die Sonnen-Atmosphäre hätte und somit selbst der Urgrund der periodisch wiederkehrenden Eiszeiten auf der Erde sein könnte, unhaltbar.

In dem Masse, als die aufgezählten Theorien heutzutage immer bestimmter ihren Credit einbüssen, begann man gerade in den laufenden Jahren um so fleissiger sich zur Lösung einer anderen Frage hinzuwenden, nämlich ob die Erdachse und die Erdpole nicht vielleicht den secularen Verschiebungen unterworfen seien, d. h. ob sie nicht etwa ihre Lage verändern und somit auch die warmen und kalten Klimate auf der Erde nicht etwa wandern. Die Möglichkeit eines derartigen Vorkommnisses nehmen vor allem die englischen Gelehrten, wie Evans,[4]) William

---

[1]) s. A. Grisebach „Fortschritte in der Geographie der Pflanzen“ in Behm's „Geogr. Jahrbuch.“ (1876) S. 221—223.

[2]) „*On the former Climate of the Polar Regions*“ in „*The geological Magazine*“ (1875) Nr. 11, S. 525—532.

[3]) „Die Sterne“ (Leipzig 1878) S. 152—153.

[4]) s. „*Nature*“ Vol. 13, S. 354 und Lyell „*Principles of geology*“ II. S. 208—209.

Thomson,[1]) G. H. Darwin,[2]) Samuel Haughton,[3]) A. W. Waters[4]) an, sowie der Franzose Dr. Jules Carret[5]) und die Deutschen Franz Heger[6]) und Schmick,[7]) wiewohl schon im Jahre 1668 der englische Geologe Hooke unseres Wissens der erste gewesen, der zur Hypothese von den Veränderungen in der Lage des Schwerpunktes der Erde und der Erdachse Zuflucht genommen.[8]) Während aber Evans die Meinung vertritt, dass nicht die Erdachse selbst und nicht der Schwerpunkt der Erde ihre Lage verändern, sondern blos die Erdkruste, indem sie auf der glutflüssigen innern Erdmasse fortgleitet, aus dem Grunde nämlich, weil jede Anschwellung des festen Landes oder aber jede grössere Anhäufung des Sedimentmaterials in höheren Breiten, dank der centrifugalen Kraft der Erde, sich schliesslich dem Aequator nähern muss, so nehmen die Anderen geradezu die Möglichkeit der Verschiebung des Schwerpunktes der Erde und ihrer Achse selbst an, aus Rücksicht, dass, sei es wegen der veränderlichen Anziehungskraft der Sonne während des Periheliums und Apheliums, die innere flüssige Erdmasse bald mehr auf der nördlichen, bald mehr auf der südlichen Halbkugel sich ansammelt, sei es, dass die Erdkruste fortwährend der Hebung am einen, der Senkung am anderen Orte oder aber in Folge der Absetzung neuer Sedimentsschichten auf dem einen, durch die Abschwemmung derselben aber auf dem anderen Orte einer ungleichen Beschwerung bald hier, bald dort unterliegt, wodurch das Gleichgewicht der Erde stets von neuem gestört wird. Indessen spricht gegen die Hypothese von Evans der Umstand, dass die Erde keineswegs eine Kugel, sondern ein Sphäroid ist, dass somit das angebliche Gleiten ihrer Kruste über der hypothetischen glutflüssigen inneren Masse nicht im mindesten auf die Art erfolgen kann, wie dies Evans glaubt, da sich demselben eine ungeheure Reibung, die ja nothwendigerweise wegen der sphäroidalen Gestalt der Erde eintreten müsste, wiedersetzen würde. Aber auch den Anhängern der anderen Hypothese gegenüber hat

[1]) s. „*Nature*“ Vol. 14, S. 426 u. ffg.

[2]) s. „*Nature*“ Vol. 15, S. 360.

[3]) s. „*Nature*“ Vol. 15, S. 542—543.

[4]) s. „*Nature*“ Vol. 16, S. 406.

[5]) s. „*Bulletin ae la Société de géographie*“ (Paris 1876, Novembre) u. Jules Carret „*Le déplacement polaire, preuve de la variation de l'axe terrestre*“ (Paris 1877).

[6]) s. „Mittheilungen d. k. k. geogr. G. in Wien“ (1879) S. 100—106.

[7]) In seiner oben dargestellten Theorie von der seculären Umsetzung der Meere.

[8]) s. Lyell „*Principles of geology*“ I, S. 41.

der englische Astronom Airy sich treffend geäussert, indem er die in den neuesten geologischen Perioden gehobenen Gebirgszüge in Betracht zieht, dass dieselben keineswegs von irgend einem Einflusse auf die Verschiebung des Schwerpunktes der Erde und zugleich auch der Erdachse gewesen sein konnten, da das Volumen dieser Gebirgszüge, wenngleich der grössten, immer noch ungemein gering war und ist im Vergleich zur Anschwellung der Erde in der Aequatorialzone, welche Anschwellung eine Länge von 5400 geogr. Meilen, eine Breite von 1300 geogr. Meilen und eine Höhe von ungefähr 3 geogr. Meilen (genau 2·88 geogr. Meilen) besitzt.[1]) Uebrigens ist Samuel Haughton, wiewohl er, wie bereits erwähnt, sich selbst anfänglich für die Möglichkeit der Verschiebung der Erdachse und der Erdpole erklärte, zu einer gänzlich entgegengesetzten Ueberzeugung gekommen, nachdem er für die Beantwortung seines Problems sich an die Geologie selbst gewendet hatte. Vor allem stellt er fest, dass die gegenwärtige arktische Welt einst ein entschieden warmes Klima besessen hat. Capitän Mc Clintock fand nämlich auf den Parry-Inseln tropische Muschelschalen, sowie einige Reptilien, wie den Teleosaurus, der seine Verwandten heutzutage nur noch in Indien hat. Ebenso hat man auch auf der pacifischen Küste von Aljaska Schalen der triassischen und jurassischen Mollusken begegnet, während die miocänen Lignitlager in Grönland, Spitzbergen und Aljaska noch eine Baumvegetation aufweisen, wie *Sequoja gigantea*, *Libocedrus* und *Taxodium*, welche gegenwärtig bald in Californien wie *Sequoja gigantea* und *Libocedrus*, bald in südlichen Theilen der Vereinigten Staaten, wie *Taxodium*, bald endlich in den chilesischen Anden, wie *Libocedrus*, leben. Wollten wir nun die Existenz dieser organischen Wesen in der polaren Welt damit erklären, dass einst die arktische Zone eine tropische oder subtropische gewesen, so müsste dann nach Haughton's Berechnung der Nordpol bis in die Nähe von Peking und der Südpol bis an die Mündung vom Rio Negro an der östlichen Küste von Patagonien verschoben werden. Indessen finden sich doch auch in der Juraformation der chilesischen Anden Ammoniten *(ammonites biplex)*, die somit auch im warmen Klima leben mussten, in der Nähe des patagonischen Südpols also würden nicht zu leben vermocht haben. Sollten aber Grönland, Spitzbergen und Aljaska

[1]) cf. Lyell „*Principles of geology*“ II, S. 209.

während der miocänen Formation subtropische Länder gewesen sein, so müsste dann der Nordpol mindestens seine Lage in den Gegenden von Jakuck eingenommen haben, aber dann würden die miocänischen Kohlen-Formationen in Kamtschatka und auf der Insel Saghalin unmöglich gewesen sein, wo sich dieselben gerade vorfinden und wo sie ähnlich wie auf den japanischen Inseln ein untrügliches Zeugniss für das subtropische Klima daselbst während der Miocänformation abgeben. Von nicht geringerer Bedeutung ist auch der Umstand, dass während auf diese Art deutliche Beweise sich hierfür aufsammeln lassen, dass die arktische Welt einst ein warmes Klima besessen hatte, dass man mittlerweile jeden noch so schwachen Beweis dafür vermisst, als besässe einst die heutige tropische Welt ein kaltes, d. h. polares Klima, und was nothwendigerweise stattgefunden haben müsste, wenn die Pole ihre Lage auf der Erde stets verändert haben würden.[1]

Würden aber auch ungeachtet dessen die ferneren Forschungen ermitteln, dass, wie dies beispielsweise Ewans meint,[2] die gleichen geologischen Formationen, also auch die gleichen Klimate, nicht nothwendigerweise allerorts auf der Erde gleichzeitig gewesen, sondern dass sie im Gegentheile zu verschiedenen Zeiten in verschiedenen geographischen Breiten vorgekommen waren, oder aber ferner, dass in Folge der fortwährenden Oscillationen der Erdkruste die Verschiebung des Schwerpunktes und der Achse der Erde nicht nur möglich gewesen war, sondern wirklich stattgefunden hatte; würde sich bestätigen, dass die geographische Breite von Greenwich, Washington, Paris, Petersburg, Königsberg, Mailand, Neapel und Rom sich gegenwärtig vermindert,[3] und würden die mathematischen Formeln, wie etwa diejenigen von Haughton, uns gestatten, die auf diese Weise vor sich gehenden Veränderungen zu berechnen, dann würden wir auch unstreitig hinreichend berechtigt sein zu sagen, dass dort, wo irgend einmal auf der Erde der Nord- und Südpol gewesen, auch zugleich die Eiszeit geherrscht habe. So lange aber dieses interessante Räthsel noch seiner entscheidenden Lösung harrt, so lange sind wir auch hingewiesen, die einzige rationelle

---

[1]) cf. Haughton „*Notes on physical geology*“ in „*Nature*“ Vol. 18 (1878) S. 266—268.

[2]) s. „*Nature*“ Vol. 18, S. 418.

[3]) s. „*Westminster Review*“ 1876, Januar, S. 38; „*Nature*“ Vol. 14, S. 426

Ursache der sogenannten Eiszeit nur in den Veränderungen der tellurischen Bedingungen des Klimas zu suchen.

In dieser Hinsicht wurden ebenfalls, wie wir schon erwähnt haben, mehrere Theorien aufgestellt. Charpentier z. B. hat um das Jahr 1830 die Meinung geäussert, die Ursache einer einst grösseren Vergletscherung der Alpen sei in ihrer früher grösseren Höhe zu suchen. Bald aber, denn schon im Jahre 1831, gab er diese Anschauung auf, um dafür zu einer anderen, diesmal gar illusorischen Behauptung Zuflucht zu nehmen, dass während der Hebung der Alpengebirge zu Ende der neocänischen Formation in denselben zahlreiche Klüfte und Brüche entstanden seien, durch welche nun in der Folge ungeheuere Wasserdampfmassen sich aus dem Erdinnern Bahn brachen, der condensirte Wasserdampf aber sich in der Gestalt des Schnees niederschlug und auf diese Weise die Bildung jener ungemein mächtigen Gletscher ermöglichte, welche gerade für die Eiszeit so charakteristisch gewesen. Aehnlich wie Charpentier schrieb auch Kämtz die Vergletscherung der Alpen in der Eiszeit einer damals grösseren Höhe dieser Gebirge zu. Die schweizerischen Geologen wiederum, wie Escher von der Linth und Desor, glaubten, die Eiszeit hätte ihren Grund darin gehabt, dass die Sahara zu jener Zeit noch zum grösseren Theile mit Meerwasser überflutet war, in Folge dessen damals kalte, nicht aber wie heutzutage warme Föhnwinde nach der Schweiz gelangten. Wie nun aber die Theorie von einer ursprünglich grösseren Erhebung der Alpen durch ihre Einseitigkeit sündigte, so trug andererseits die Theorie der schweizerischen Geologen, wie dies Dove und Hann [1]) dargelegt hatten, den Gesetzen der Winde keine Rechnung. Ebenso war auch H. Lecocq, indem er sich der erste im Jahre 1847 auf grössere Evaporation des Oceans unter der Wirkung höherer Luftwärme in der Eiszeit berief, noch insoweit im Irrthum, als dass er für die genannte geologische Periode eine von der gegenwärtigen höhere mittlere Jahrestemperatur der Atmosphäre forderte, wiewohl der Verdunstungsprocess des Oceans selbst bei einer von der heutigen etwas niedrigeren, mittleren Jahrestemperatur der Luft ebenfalls stärker gewesen sein konnte, wenn nur der Flächenraum des Oceans auf der nördlichen Halbkugel grösser als gegenwärtig gewesen. Er irrt aber nicht, wenn er überhaupt eine stärkere Verdunstung des Oceans in der Eiszeit für nothwendig hält, da, wie

[1]) s. des Verfassers „Die Wirkungen der Winde etc." S. 10—11.

dies Tyndall[1]) vollkommen richtig bemerkt, es unstatthaft wäre, die grössere Ausdehnung der Gletscher —' die ja nichts anderes sind, als gerade nur ein Ausdruck der Menge der atmosphärischen Niederschläge, resp. des Schnees, und somit des Verdunstungsgrades der oceanischen Gewässer —, in der Eiszeit lediglich nur durch bedeutendere Erniedrigung der Lufttemperatur erklären zu wollen. Mit einer noch tiefer gedachten Theorie traten Hopkins und Lyell[2]) auf. Indem sie sich nämlich auf die metorologischen Gesetze einerseits und auf diejenigen der dynamischen Geologie andererseits stützten, sahen sie einfach die Ursache der Eiszeit in einer von der gegenwärtigen verschiedenen Vertheilung des Festen und des Flüssigen auf der Erde, und zwar im Uebergewicht der Festländer an den Polen, des Wassers aber am Aequator. Nicht schwierig war es denn auch darauf für Sartorius von Waltershausen,[3]) die Theorie von Hopkins und Lyell mit der ursprünglichen Theorie von Charpentier, sowie derjenigen von Kämtz zu vereinbaren und die Behauptung aufzustellen, die Eiszeit erkläre sich lediglich durch eine von der gegenwärtigen verschiedene Configuration und Vertheilung der Oceane und der Festländer, sowie durch eine von der gegenwärtigen verschiedene Erhebung der letzteren über das Meeresniveau. Nicht anders deuten die Ursache der Eiszeit auch der berühmte amerikanische Paläontolog und Geolog J. W. Dawson,[4]) sowie I. F. Campbell, eine der grössten Autoritäten in der Eiszeitlehre.

Und in der That, alles scheint dafür zu sprechen, dass die Vertheilung und die senkrechte Gliederung der Festländer während der Eiszeit eine ganz andere als gegenwärtig gewesen war. England z. B. unterlag nach der Tertiärperiode einer so bedeutenden Hebung, dass es sich sogar mit dem Continente vereinigte. Auf ähnliche Art ist auch Skandinavien gehoben und das baltische Meerbecken vom Wasser entleert worden, wie dies Lyell, Dawkins, Geikie[5]) und Erdmann[6]) erwiesen haben, während Norddeutschland und die sarmatische Ebene von Meereswogen überflutet waren, gleich wie der grössere Theil der Sahara, von

---

[1]) s. „*Heat a mode of motion*“ S. 187—188.

[2]) s. „*Principles of geology*“ I, S. 233—271.

[3]) „Untersuchungen über die Klimate der Vorzeit etc.“ in „Natuurkundige Verhandelingen van de Hollandsche Maatschapij“ S. 368 u. ffg.

[4]) s. „*Nature*“ Vol. 16, S. 67—68.

[5]) s. Dana „*Manual of geology*“ S. 539—541.

[6]) s. „*Exposé des formatlons quaternaires de la Suède*“ (Stockholm 1868) S. 7 u. ffg.

Nordamerika, von Sibirien, des Turkestans und der Mongolei. Derartige Verhältnisse konnten aber nicht ohne Einfluss auf die Erniedrigung der mittleren Jahrestemperatur der nördlichen Hemisphäre gewesen sein, so dass die letztere anstatt im Mittel eine Jahrestemperatur von $15^1/_2{}^0$ C. wie gegenwärtig zu haben beim Uebergewicht des Oceans gewiss höchstens eine von 13·6⁰ C., welche gegenwärtig nach Dove gerade die südliche Halbkugel aufweist, [1]) oder aber eine noch niedrigere besass, und zwar aus dem Grunde, dass, wie es scheint, in der arktischen Zone wirklich ein grösseres Festland sich ausbreitete, welches als ein solches, d. h. in höheren Breiten gelegenes auch keinen geringen Einfluss auf die Erniedrigung der mittleren Jahrestemperatur der ganzen Halbkugel ausüben musste. Wenigstens sieht sich Nordenskiöld bewogen, aus der Lage und der Richtung der durch alte Gletscher auf der felsigen Küste von Spitzbergen bewirkten Streifen und Furchen annehmen zu dürfen, dass Spitzbergen während der Eiszeit mittelst eines trockenen Landes mit Skandinavien einerseits und mit Nordasien andererseits verbunden sein musste, [2]) auf ähnliche Art etwa, wie es nach Oswald Heer noch weit früher, nämlich in der carbonischen Formation, mit der Bären-Insel und mit Nordamerika verbunden gewesen. Nach Starkie Gardner's[3]) Ansicht soll noch zur Zeit der eocänischen Formation zwischen Europa und Nordamerika, und zwar zwischen 60^0 und 70^0 nördlicher Breite ein Festland existirt haben. Auch Dr. G. Jäger Director des zoologischen Gartens in Wien, sieht sich nach vorgenommener näherer Prüfung der Verbreitung der Füchse, Wölfe, Bären etc. in der alten und neuen Welt veranlasst, anzunehmen, dass diese Thiere einst eine gemeinschaftliche Heimat auf einem circumpolaren Festlande besessen haben, welches vielleicht nur dort, wo gegenwärtig die Behringstrasse sich befindet, unterbrochen wurde. Die Inseln, wie Spitzbergen, Novaja-Semlja, Island, Jan Mayen, Bären-Insel, Faröer sind nach Jäger gerade nur

[1]) Auch die von J. Hann (s. Behm's „Geogr. Jahrbuch“ IV, S. 130 u. V, S. 7) ermittelte, von Woejkof aber (s. „Verhandlungen d. Ges. f. Erdkunde in Berlin“ 1880, S. 158) nicht ohne triftigen Grund bezweifelte, günstigere Erwärmung der südlichen Hemisphäre südwärts 40^0 B. im Vergleich mit derjenigen der nördlichen Halbkugel in entsprechenden Breiten verändert nur unbedeutend das Gesammtresultat dieser Berechnung Dove's.

[2]) s. „*American Journal of Sciences and arts*“ (1876) Juli, S. 65—66.

[3]) s. „*Nature*“ Vol. 19. (1878) S. 124—127.

Ueberbleisel dieses einstigen Continents. [1]) Wie weit dieses Continent gegen Süden reichte, kann freilich vorderhand nicht einmal annäherungsweise angegeben werden; immerhin aber darf es hinzugefügt werden, dass sogar die „Atlantis“ Platon's von einigen hervorragenden Naturforschern nicht mehr als eine Chimäre verworfen wird, sondern im Gegentheil geradezu immer mehr an Glauben gewinnt und als ein Festland angesehen wird, welches während der miocänischen Formation mehr weniger die Mitte des nördlichen Atlantischen Oceans einnahm, und welches, nachdem es zu Ende des Diluviums versunken ist, dadurch die Senkung des Oceanspiegels und somit auch die relative Hebung Englands, Skandinaviens etc. bewirkt hatte. [2]) Aehnlicherweise nimmt auch Ralph Richardson in seiner Schrift „*On the Ice-age in Great-Britain*“ [3]) für die Eiszeit eine Verbindung Englands mit Grönland vermittelst eines Festlandes an, wobei sowohl er, als auch J. S. Gardner glauben, der Golfstrom hätte damals eine von der gegenwärtigen verschiedene, nämlich eine ost-westliche, sogar über den heutigen Panama-Isthmus hinaus reichende Richtung gehabt, wodurch Europa jenes klimatischen Vortheils beraubt wurde, welchen es gerade gegenwärtig dieser warmen Meeresströmung verdankt. Nebenbei sei gesagt, dass eine derartige Annahme um so wahrscheinlicher ist, als es anders unerklärbar wäre, wie bei einer der heutigen ähnlichen Richtung des Golfstromes die erratischen Blöcke, denen man gerade allgemein den Ursprung aus Grönland zuschreibt, durch die Eisberge der polaren Welt bis an die Azoren gebracht werden konnten. [4]) Nicht genug aber damit, dass der Golfstrom in der Eiszeit Europa mit seinem warmen Kleide nicht umhüllte, da obendrein noch aus dem Grunde, dass Norddeutschland und ein grosser Theil Russlands vom Meere überflutet gewesen, das letztere aber mit dem das circumpolare Festland von südlicher Seite bespülenden Ocean in Verbindung gestanden ist, kalte von Norden her fliessende Meeresströmungen tief in das mittlere Europa eindringen und ganze Reihen der Eisberge mitführen mussten, die nun auf ihrem Wege nach niedrigeren Breiten

---

[1]) cf. „Spitzbergen und die arktische Centralregion“ im 16. Ergänzungshefte zu Petermann's „Mittheilungen“ S. 68—70.

[2]) cf. O. Heer „Die Urwelt der Schweiz“ und Unger „Die versunkene Insel Atlantis“.

[3]) s. darüber „*The Academy*“ (1876) Nr. 217, S. 16.

[4]) s. Sartorius v. Waltershausen l. c. S. 278.

abschmolzen und ihr erratisches Material, mit dem sie beladen wurden, auf den damaligen, gegenwärtig aber trocken gelegten Meeresgrund fallen liessen.

Aehnliche, bis jetzt fast nur von den Geologen, Phyto- und Zoogeographen aufgestellte und vertheidigte Annahmen gewinnen umsomehr an wissenschaftlicher Stütze und Sicherheit, als sie gegenwärtig auch von Seite der Meteorologen, die sich bis nun mit der Erklärung der Eiszeit auffallend wenig beschäftigt haben, ihre vollkommene Begründung zu finden beginnen. Namentlich ist es erfreulich zu sehen, dass die Ergebnisse, zu denen neuerdings Al. v. Woejkof in seinen Untersuchungen der klimatischen Verhältnisse der Eiszeit gelangte, [1]) ganz die nämlichen sind, wie die eben erst angeführten.

Wollten wir nun nach alledem eine kritisch einzig erlaubte und durch Thatsachen verhältnissmässig noch am besten begründete Theorie der Eiszeit aufstellen, so müssten wir ohneweiters diejenige des englischen Geologen J. F. Campbell wiederholen, der nach 40jährigen, fast in allen Welttheilen angestellten Untersuchungen und Forschungen der Eiszeitspuren schliesslich (1879) zu dem Resultate gelangt, [2]) dass es niemals auf der Erde eine allgemein herrschende, ausnahmsweise kalte Eiszeit gegeben, dass dieselbe keineswegs eine universelle, sondern lediglich eine locale Erscheinung und ihre Ursache eine terrestrisch-meteorologische, nicht aber eine kosmische gewesen; dass also insbesondere die Spuren der einstigen grösseren Vergletscherung in einzelnen Gegenden der Erde nur durch locale Veränderungen des Klimas erklärt werden sollen — durch Veränderungen, welche wiederum die directe Folge einer von der gegenwärtigen verschiedenen Vertheilung und Erhebung der Festländer im Verhältniss zum Ocean, sowie eines etwas anderen Verlaufs der Luft- und Meeresströmungen waren; dass schliesslich auf diese Weise verschiedene Gegenden der Erde, nur ausnahmsweise die heisse Zone nicht, von der Eiszeit successive heimgesucht werden konnten. Nach Campbell ist beispielweise nur die kalte, polare Meeresströmung, welche östlich von

---

[1]) s. seinen Vortrag: „Ueber die klimatischen Verhältnisse der Eiszeiten sonst und jetzt“ in d. „Verhandlungen d. Gesell. f. Erdk. in Berlin“ (1880) S. 151—161.

[2]) in „*The quarterly Journal of geological Society*“ Vol. 35, S. 98 ffg; cf. „Naturforscher“ (1879) S. 192—194.

Grönland gegen Süden fliesst, jener Factor, der das genannte Land zum Hauptcondensator der Wásserdampfmassen auf der nördlichen Halbkugel macht, und der auch der Grund ist, dass Grönland mit ewigem Eise bedeckt ist und die Eisberge am atlantischen Gestade Nordamerikas bis zum 37 ° n. Br. gelangen, während der warme, längs der Westküste Europas fliessende Golfstrom den Ocean bis zum 70 ° n. Br. vom Eise frei erhält. Und dennoch befand sich einst Skandinavien in ähnlichen Bedingungen, wie heuzutage Grönland, als nämlich der kalte, polare Meeresstrom längs der östlichen Küste von Skandinavien floss und diese Halbinsel zum Hauptcondensator der nördlichen Halbkugel stempelte. Damals reichten die aus Skandinavien stammenden Eisberge ebenfalls tief in das mittlere Europa hinein. Aehnlich verhielt es sich mit Nordamerika, als seine Tiefländer noch zum grössten Theile vom Meere bedeckt waren und die kalte, arktische Meeresströmung, anstatt längs der atlantischen Küste Nordamerikas gegen Florida, wie gegenwärtig, zu fliessen, tief in die Mitte dieses Continents bis an die Felsengebirge eindrang und ebensoweit die Eisberge mit sich fortbewegte. Wenn die Himalaja-Gebirge gegenwärtig auch ein Grönland ähnlicher Condensator sind, so verdanken sie dies bekanntlich nur ihrer bedeutenden Höhe, sowie den südlichen, mit Wasserdampf reichlich beladenen Winden, welche dagegen nach dem Uebergang dieser Gebirge bereits trocken auftreten und somit nicht mehr im Stande sind, im mittleren und nördlichen Asien, sogar in den Breiten Grönlands, irgendwie zur Gletscherbildung beizutragen. Bei alledem, wiewohl auf diese Art nach Campbell sogar mehrmals während der Erdgeschichte, immer aber nur zur Zeit der Sedimentärformationen, die localen Eiszeiten möglich gewesen waren, wie sie es noch heutzutage sind, giebt es dennoch Länder, wo, wie in Oregon, Californien, auf Java, Ceylon, in Indien, Japan und China, [1]) entweder keine oder nur äusserst geringe Spuren der glacialen Erscheinungen vorzufinden sind, so dass augenscheinlich die Eiszeiten überhaupt nur dort möglich gewesen waren, oder aber noch sind, wo das Land hinreichend kalt oder hoch genug war oder ist, um ein eminenter Schneeaufsammler zu werden. Somit wäre denn auch nichts ausserordentliches darin, dass — wie dies A. Ramsay neulich in seiner Inaugural-Rede in der 15. Jahresversammlung der „*British-Association*" auf Grundlage einer Reihe von Beob-

[1]) In Betreff China's s. auch v. Richthofen „China" I. Bd. (Berlin 1877) S. 110.

achtungen darzulegen trachtete, [1]) und was auch bereits vor ihm von einigen Geologen versucht wurde [2]) — die Spuren der Glacialphänomene sich in verschiedenen Formationen von den paläozoischen angefangen bis zur Gegenwart verfolgen lassen.

Wir wollen noch beifügen, was bis jetzt bei den Forschungen über die Ursache der Eiszeit, insbesondere der postpliocänen, auffälligerweise nie berücksichtigt worden ist, dass auf ähnliche Art, wie die erwähnte Vertheilung des Festen und des Flüssigen die Bildung umfangreicherer und zahlreicherer Gletscher begünstigte, dieselbe auch durch die ungeheueren Urwälder der Eiszeit mit aller Gewissheit begünstigt wurde, indem diese Urwälder die Temperatur — zumal des Sommers — bedeutend erniedrigen und die relative Luftfeuchtigkeit steigern, d. h. gerade die beiden wichtigsten Bedingungen der Gletscherbildung überhaupt erfüllen mussten.

Auf diese Weise, wie wir das wärmere Klima der Erde in entlegeneren geologischen Perioden theils noch durch von den heutigen verschiedene kosmische Bedingungen, theils aber schon durch andere tellurische Bedingungen erklären möchten, würden wir nun wiederum die angeblichen, in mehreren älteren Sedimentärformationen sporadisch vorkommenden Spuren der Eisthätigkeit lediglich durch locale, der Eisbildung günstige klimatische und orographische Verhältnisse, die postpliocäne Eiszeit aber ausschliesslich durch das Uebergewicht der Festländer in der arktischen Zone und durch das Uebergewicht der oceanischen Gewässer in niedrigeren Breiten, sowie durch eine von der gegenwärtigen verschiedene Richtung des Golfstromes und durch grössere als die gegenwärtige Bewaldung Europas und Nordamerikas erklären.

In dieser Ueberzeugung bestärken uns nicht unbedeutend die gegenwärtigen klimatischen Verhältnisse der südlichen Halbkugel, die gerade wegen einer ganz anderen Vertheilung der Meere und der Festländer im allgemeinen etwas kälter als die nördliche Halbkugel ist. Unter anderen erzählt z. B. bereits James Cook von der Insel „Süd-Georgien“ (unter 54^0 südlicher Breite), dass dort selbst im Sommer der Schnee fällt und die Gletscher mit ihren Endmoränen sogar bis an das Meer reichen, [3]) während in Schottland selbst unter

---

[1]) *„On the occurrence of certain phenomena in geological time“* in *„Nature“* Vol. 22 (1880) S. 383—390.

[2]) s. G. Pilar „Ein Beitrag zur Frage über die Ursache der Eiszeiten“ S. 22—23.

[3]) s. Darwin „Reise eines Naturforschers um die Welt“ S. 284—285.

58° nördlicher Breite und auf den dortigen 4500' hohen Bergen der Schnee in der Sommerzeit schmilzt. Aehnliches kommt auf den Sandwich-Inseln unter 59° südlicher Breite vor, wo die Gebirge sogar im wärmsten Sommermonate, d. h. im Februar, von ihren Gipfeln an bis zum Meere mit Schnee bedeckt verbleiben. An der Westküste des Feuerlandes gelangen die Gletscher ebenfalls bis zum Meere [1]) und an den Westabhängen der neuseeländischen Alpen steigen die Gletscher nur bis auf einige Hundert Fuss über dem Meeresspiegel hinab, wie z. B. der Wajau-Gletscher. [2]) Alle diese Umstände erklären sich aber einfach nur durch die Ansammlung der Festländer (resp. eines grösseren Inselcomplexes) in der Nähe des Südpols einerseits, andererseits aber durch das oceanische Klima der niedrigeren Breiten, oder — mit anderen Worten — durch den sanften Winter und den kühlen Sommer und durch die bedeutendere Luftfeuchtigkeit der südlichen Hemisphäre. Daraus folgt denn auch, dass die Pflanzen, welche keine hohe, aber eine mehr gleichmässige Wärme beim Mangel stärkerer Fröste erfordern, sich mehr der Linie des ewigen Schnees auf der südlichen Halbkugel nähern, als auf der nördlichen, [3]) wo dies durch plötzlichere und grössere Schwankungen der Tages- und Jahrestemperatur verhindert wird, und dass z. B. auf der südlichen Insel von Neuseeland noch gewisse Palmen gedeihen und die Farnen Baumgrösse erreichen, obwohl dagegen die Weinrebe, die eine höhere Temperatur erheischt, nur kaum zur Reife gelangt. Kein Wunder also, dass man auf der südlichen Halbkugel in geographischen Breiten, die auf der nördlichen Halbkugel den Breiten Deutschlands, Hollands, Englands oder Dänemarks entsprechen, einer subtropischen Pflanzenwelt und den bis in die nächste Nähe des Meeres reichenden Gletschern gleich nebeneinander begegnet. Nicht ohne Grund äussert sich denn auch Darwin, [4]) dass, befände sich Europa gegenwärtig in denselben Bedingungen, die wir heutzutage auf der südlichen Halbkugel antreffen, dann das Puma und der Jaguar in den Gegenden der Pyrenäen leben, in der Breite von Montblanc Baumfarne und parasitische Orchideen gedeihen, noch in Dänemark Kolibris und Papageien herumflattern, im benachbarten

[1]) cf. Lyell „*Principles of geology*“ I, S. 242—243.
[2]) s. Reclus „*La Terre*“ I, S. 276.
[3]) s. Darwin „Reise eines Naturforschers etc.“ S. 286.
[4]) l. c. S. 287—288.

Meere aber eine Voluta und alle Muscheln von bedeutender Grösse und von kräftigem Wachsthum sich finden würden, ungeachtet dass nur 360 engl. Meilen nördlich von Dänemark ein Thierleib im beständig gefrorenen Boden liegen könnte, die Eisberge in Unzahl herumschwimmen, die Inseln nordwestlich von England und Norwegen im Schnee begraben liegen, die Gebirgsgletscher selbst in der Breite von Dänemark bis zum Meere reichen, ja, sogar in der Breite des Genfersees die Eisberge von den im Meere eingetauchten Gletscherenden sich ablösen würden.

Indem wir also die gegenwärtigen klimatischen Verhältnisse der südlichen Halbkugel im Auge behalten, dürfen wir mit Hochstetter [1]) wohl offen behaupten, dass das, was wir unter der Eiszeit verstehen, dort gerade jetzt fortdauert. Sind aber auch dort, namentlich auf der südlichen Insel von Neuseeland, Spuren einer einst grösseren Vergletscherung der Gebirge zu finden, so sind auch sie nur durch einstige grössere Erhebung der betreffenden Gegenden über den Meeresspiegel zu erklären. Erst die Senkung der früher höher gehobenen Länder, sowie das Auftauchen aus dem Meere grösserer Complexe des trockenen Bodens haben dagegen bewirkt und müssen stets grössere Schwankungen der Tages- und der Jahrestemperatur, vor allem aber intensivere Sommerwärme bewirken und mussten und müssen auf die Verminderung der Gletscher und auf deren Rückzug ihren Einfluss ausüben.

Diese meteorologische Regel scheint sogar auf dem Planeten Mars geltend zu sein, und zwar namentlich auf seiner südlichen Halbkugel, die mehr continental als die nördliche ist. Dort sammeln sich nämlich während des verhältnissmässig sehr langen (von dem dortigen Sommer um 76 Tage längeren) Winters, was die Folge einer bedeutenden Excentricität der Mars-Bahn ist, beiweitem grössere Schneemassen in der Umgebung des Südpols an, als in derselben Jahreszeit in der Nähe des Nordpols. Bei alledem nimmt diese im Winter zu ungeheueren Dimensionen angewachsene Schneefläche ungemein rasch während des Sommers ab, und zwar gerade nur in Folge des vorwiegend continentalen Klimas der südlichen Mars-Hemisphäre. [2])

---

[1]) s. „Neu-Seeland“ (Wien 1864) S. 257—267.

[2]) cf. Guillemin *„Le Ciel“* S. 415—417; und Dr. J. Holetschek „Die Oberfläche des Mars nach Schiaparelli“ in der „Deutschen Rundschau f. Geogr. u. Stat.“ I (1879), S. 499—509.

Inhalts-Verzeichniss.

Seite

I. Veränderlichkeit des Klimas in historischen Zeiten 1

Bekämpfung der früheren diesbezüglichen Ansichten.

A. **Veränderlichkeit der kosmischen Klimabedingungen** 6

Klimatische Wirkung der periodischen Aenderungen in der Lage der Erde im Verhältnisse zur Sonne.

Klimatische Wirkung der Sonnenflecken-Perioden.

Klimatischer Einfluss des Mondes.

B. **Veränderlichkeit der tellurischen Klimabedingungen** 36

a) Abnahme der Höhe der Gebirge; Aenderungen in der Erhebung oder Depression der Länder im Verhältnisse zum Meeresniveau; Aenderungen in der Vertheilung der Festländer und der Gewässer

b) Die durch den Menschen bewirkten Veränderungen der tellurischen Klimabedingungen.

Klimatologische Bedeutung der Wälder und klimatische Wirkung der Ausrodung derselben.

Die durch die Unterwassersetzung der algerischen Sahara, der Colorado-Wüste etc. in Aussicht stehenden Klima-Veränderungen.

II. Veränderlichkeit des Klimas in der geologischen Vergangenheit der Erde 76

Ursprüngliche Temperaturen der Erde und ihre Ursachen.

Uebersicht der Theorien über die Ursache der sogenannten Eiszeit, resp. der Eiszeiten.